

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200610141454.6

G05B 13/02 (2006.01)

G05B 11/32 (2006.01)

G05D 3/12 (2006.01)

H02P 5/00 (2006.01)

[45] 授权公告日 2009年8月5日

[11] 授权公告号 CN 100524106C

[22] 申请日 2006.9.29

[21] 申请号 200610141454.6

[30] 优先权

[32] 2005.11.11 [33] JP [31] 2005-327550

[73] 专利权人 株式会社日立产机系统

地址 日本东京都

[72] 发明人 名仓宽和 大桥敬典 高野裕理

杉浦正树

[56] 参考文献

JP2004-173410A 2004.6.17

CN1502067A 2004.6.2

US5418440A 1995.5.23

CN1487661A 2004.4.7

审查员 崔朝利

[74] 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任公司

代理人 汪惠民

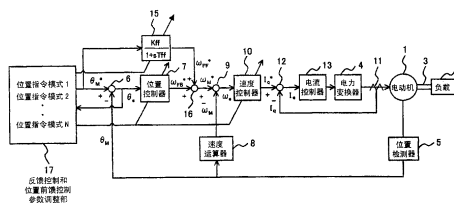
权利要求书6页 说明书27页 附图19页

[54] 发明名称

电动机控制装置的自动调整法及装置

[57] 摘要

在反馈控制参数的调整时，生成连续变化的调整运转用的位置指令模式，将该位置指令模式作为位置控制器的位置指令提供，位置偏差波形的振动振幅不超过规定值的范围内，增加位置控制器和速度控制器的响应速度，自动设定最大加速速率。另一方面，在前馈控制参数调整时，对于多个位置指令模式，进行多个运转动作，调整位置前馈控制器的控制参数以使超调量不超过规定值。从而提供在短时间内得到反馈和/或前馈控制参数的自动调整方法和装置。



在于，

按照所述位置指令模式的全部期间实质上为电动机的加减速时间之和的方式生成所述位置指令模式。

6、根据权利要求 1 所述的电动机控制装置的自动调整方法，其特征在于，

按照用户的选择输入切换自动生成所述位置指令模式的功能和手动设定的功能。

7、根据权利要求 1 所述的电动机控制装置的自动调整方法，其特征在于，

在所述位置偏差波形的振动振幅处于减少趋势时，保持该波形的低位，在所述位置偏差波形的振动振幅处于增加趋势时，保持该波形的高位，计算所述位置偏差波形的振动振幅。

8、根据权利要求 1 所述的电动机控制装置的自动调整方法，其特征在于，

具有：

将所述位置控制器的响应频率以规定的增量增加至所述位置偏差波形的振动振幅超过允许值为止的第 1 步骤；

在所述位置偏差波形的振动振幅超过允许值时，将所述位置控制器的响应频率返回到所述位置偏差波形的振动振幅不超过所述允许值的范围之后，以规定的增量增加所述速度控制器的响应频率的第 2 步骤；及

重复所述第 1 和第 2 步骤，通过该重复，在不能以所述位置偏差波形的振动振幅达到允许值以下的条件增加所述位置控制器的响应频率时，将所述速度控制器的响应频率和所述位置控制器的响应频率返回到所述位置偏差波形的振动振幅不超过允许值的范围内的第 3 步骤。

9、根据权利要求 1 所述的电动机控制装置的自动调整方法，该电动机控制装置具备：按照位置指令值和所述电动机的位置检测值之间的偏差输出位置控制器输出的位置控制器，以所述位置指令值为输入、输出位置前馈信号的位置前馈控制器，将所述位置控制器输出和所述位置前馈信号相加、输出速度指令值的加法器，按照所述速度指令值和电动机的速度检测值的偏差输出转矩电流指令值的速度控制器，按照所述转矩电流指令值

和供给到所述电动机的转矩电流检测值之间的偏差调整所述电力变换器的输出电流的电流控制器，该电动机控制装置的自动调整方法的特征在于，具有：

将预先登录的多个位置指令模式作为所述位置控制器的位置指令进行多个运转动作的步骤；及

在多个所述运转动作中，调整所述位置前馈控制器的控制参数以使超调量不超过允许值的步骤。

10、根据权利要求 9 所述的电动机控制装置的自动调整方法，其特征在于，

调整所述位置前馈控制器的控制参数，以使在多个的所述位置指令模式中的特定位置指令模式的整定时间最小化。

11、根据权利要求 10 所述的电动机控制装置的自动调整方法，其特征在于，

按照用户的指定输入切换整定时间最小化的所述特定的位置指令模式。

12、根据权利要求 10 所述的电动机控制装置的自动调整方法，其特征在于，

从预先登录的位置指令模式当中，自动设定整定时间最长的位置指令模式，作为整定时间最小化的所述特定的位置指令模式。

13、根据权利要求 9 所述的电动机控制装置的自动调整方法，其特征在于，

所述调整对象，在设所述位置指令模式为 θ_M^* 、所述位置前馈信号为 ω_{FF}^* 、拉普拉斯算子为 s 时，为用式 (7) 的传递函数表示的前馈增益 K_{ff} 和前馈时间常数 T_{ff} 。

$$\omega_{FF}^* = \frac{K_{ff} \cdot \theta_M^*}{1 + s \cdot T_{ff}} \dots \dots \dots (7)$$

14、根据权利要求 9 所述的电动机控制装置的自动调整方法，其特征在于，

在固定所述前馈控制器的时间常数的条件下，更新所述前馈控制器的

增益，对于各个前馈增益，进行预先登录的多个位置指令模式下的运转动作，关于多个所述位置指令模式在超调量不超过允许值的极限前馈增益中调整所述前馈控制器的前馈增益。

15、根据权利要求 14 所述的电动机控制装置的自动调整方法，其特征在于，

具有：

边更新所述前馈时间常数，边对应于各个前馈时间常数，将所述前馈增益调整为所述最大值，测量与各个前馈时间常数对应的极限前馈增益中的整定时间的步骤；和

通过极值搜索而求得与所述前馈时间常数对应的极限前馈增益中的整定时间最小的所述前馈时间常数的步骤。

16、根据权利要求 15 所述的电动机控制装置的自动调整方法，其特征在于，

所述极值搜索，比较等间隔地提供所述前馈时间常数的偏差而取得的 3 个所述前馈时间常数相关的所述极限前馈增益中的整定时间。

17、根据权利要求 16 所述的电动机控制装置的自动调整方法，其特征在于，

具有：

在比较所述前馈时间常数相关的所述极限前馈增益中的整定时间的 3 点数据时，假设横轴为所述前馈时间常数、纵轴为所述极限前馈增益的整定时间的曲线，判断是曲线向下凸起、还是单调增加、还是单调减少的步骤；

如果该判断结果是向下凸起，则在 3 点数据中，在中间数据和剩下的两侧数据中的任一方的中点重新取得 1 个数据的步骤；

如果所述判断结果是单调增加，则不改变数据间隔，在 3 点数据当中在最小时间常数侧重新取得 1 个数据的步骤；及

如果判断结果为单调减少，则不改变数据间隔，在 3 点数据中在最大时间常数侧重新取得 1 个数据的步骤。

18、根据权利要求 15 所述的电动机控制装置的自动调整方法，其特征在于，

按照用户的输入设定用于测定整定时间的监视时间，将所述监视时间的起点设为位置偏差进行零交叉后的时刻或其附近。

19、一种电动机控制装置的自动调整方法，该电动机控制装置具备：通过连接轴与驱动对象负载结合的电动机，驱动所述电动机的电力变换器，按照位置指令值和所述电动机的位置检测值之间的偏差输出位置控制器输出的位置控制器，以所述位置指令值为输入、输出位置前馈信号的位置前馈控制器，将所述位置控制器输出和所述位置前馈信号相加、输出速度指令值的加法器，按照所述速度指令值和电动机的速度检测值的偏差输出转矩电流指令值的速度控制器，按照所述转矩电流指令值和供给到所述电动机的转矩电流检测值之间的偏差调整所述电力变换器的输出电流的电流控制器，该电动机控制装置的自动调整方法的特征在于，具有：

在提供位置指令模式时的位置偏差波形的振动振幅不超过允许值的范围内，增加所述位置控制器和/或所述速度控制器的响应频率的步骤；

将预先登录的多个所述位置指令模式作为对于所述位置控制器的位置指令，进行多个运转动作的步骤；及

在多个所述运转动作中，调整所述位置前馈控制器的控制参数以使超调量不超过允许值的步骤。

20、根据权利要求 19 所述的电动机控制装置的自动调整方法，其特征在于，

具有：搜索满足所述超调量不超过允许值的条件且在各个位置指令模式中的整定时间小的所述位置前馈控制器的控制参数的步骤。

21、根据权利要求 19 所述的电动机控制装置的自动调整方法，其特征在于，

具有：

自用户界面接受调整条件的设定输入的步骤；和

接受多个所述位置指令模式之一的选择输入的步骤。

22、一种电动机控制装置的自动调整装置，该电动机控制装置具备：通过连接轴与驱动对象负载结合的电动机，驱动所述电动机的电力变换器，按照位置指令值和所述电动机的位置检测值之间的偏差输出速度指令值的位置控制器，按照所述速度指令值和电动机的速度检测值的偏差输出

转矩电流指令值的速度控制器，按照所述转矩电流指令值和供给到所述电动机的转矩电流检测值之间的偏差调整所述电力变换器的输出电流的电流控制器，该电动机控制装置的自动调整装置的特征在于，具有：

位置指令模式生成机构，其生成连续变化的调整运转用的位置指令模式作为所述位置控制器的位置指令值；及

响应频率最大化机构，其在将该位置指令模式作为所述位置控制器的位置指令值提供，使所述电动机的控制装置运转时，在位置偏差波形的振动振幅不超过允许值的范围内，增加所述位置控制器和/或所述速度控制器的响应频率。

23、一种电动机控制装置的自动调整装置，该电动机控制装置具备：通过连接轴与驱动对象负载结合的电动机，驱动所述电动机的电力变换器，按照位置指令值和所述电动机的位置检测值之间的偏差输出位置控制器输出的位置控制器，以所述位置指令值为输入、输出位置前馈信号的位置前馈控制器，将所述位置控制器输出和所述位置前馈信号相加、输出速度指令值的加法器，按照所述速度指令值和电动机的速度检测值的偏差输出转矩电流指令值的速度控制器，按照所述转矩电流指令值和供给到所述电动机的转矩电流检测值之间的偏差调整所述电力变换器的输出电流的电流控制器，该电动机控制装置的自动调整装置的特征在于，具有：

响应频率最大化机构，其在提供位置指令模式时的位置偏差波形的振动振幅不超过允许值的范围内，增加所述位置控制器和/或所述速度控制器的响应频率；

调整运转机构，其将预先登录的多个所述位置指令模式作为对于所述位置控制器的位置指令提供，进行多个运转动作；及

参数调整机构，其在多个所述运转动作中，调整所述位置前馈控制器的控制参数以使超调量不超过允许值。

电动机控制装置的自动调整法及装置

技术领域

本发明是涉及对采用反馈控制和/或前馈控制的电动机控制装置的反馈控制和/或前馈控制中的控制参数自动地进行调整（tuning）的电动机控制装置的自动调整法和装置。

背景技术

专利文献1公开了一种对反馈控制参数和前馈控制参数自动地进行调整的第1现有技术。该第1现有技术中，根据控制量相对于控制指令值的响应波形，通过智能处理推测反馈控制参数，接着，根据该响应波形通过模糊推理或神经网络确定最佳前馈参数。

另外，作为第2现有技术，可以例举专利文献2。该第2现有技术，其主要特征是涉及前馈自动调整法的内容，控制量相对于控制指令值如果超调则降低前馈增益，如果不超调则增大前馈增益。另外，引入评价函数，如果其值为规定值以下则结束调整。

专利文献1：特开平6-102905号公报（全文）；

专利文献2：特开2003-61377号公报（全文）。

发明内容

通常，在反馈控制参数调整时，为了提高控制性能，要将位置控制器和速度控制器的增益最大化。但是，在由电动机、驱动对象负载和连接轴构成的机械系统中，机械系统存在固有的反共振频率（antiresonance），存在在该频率附近非常容易共振的性质。因此，在实际的调整中，几乎调整得很低，以使在反共振频率附近的所述控制器的增益不会过高。作为实现这样细微的调整的简单的方法，公认有边使机械实际地以反共振频率振动，边在机械振动不是过大的范围内提高位置控制器和速度控制器的增益的方法。另外，反共振频率未知的机械系统以反共振频率振动最简单且可

靠的方法是提供阶跃 (step) 指令作为位置指令 (控制指令值)。然而, 在第 1 现有技术中, 因为将控制指令值从外部输入的结构的原因, 根据提供的控制指令值, 可能发生难充分以反共振频率振动的情况。在这样的振动条件下, 边反复进行定位动作, 边评价如上所述的机械振动, 提高位置控制器和速度控制器的增益的情况下, 即使是稍微的扰动也有可能设定为产生振荡的过大增益。

另外, 在前馈控制参数调整时, 对于多个位置指令模式, 将超调量设为规定值以下, 进而, 关于频繁使用的特定位置指令模式, 期望是整定时间最小化的调整。但是, 在第 1、2 现有技术中, 因为在调整机构内部不具有位置指令模式生成部和多个位置指令模式登录功能, 难以设定如上所述的、与位置指令模式相关联的调整条件。

本发明的目的在于, 提供一种短时间内可以得到适当的反馈和/或前馈的控制参数的自动调整方法和装置。

本发明优选的实施方式, 在级联连接了位置控制器、速度控制器和电流控制器的电动机控制装置中, 生成连续变化的调整调整运转用的位置指令模式作为所述位置控制器的位置指令值, 上述位置指令模式通过移动距离、以允许最大转矩加速的情况下的电动机理想最大速度和加减速时间来决定, 将该位置指令模式作为所述位置控制器的位置指令提供时, 在位置偏差波形的振动振幅不超过规定值的范围内, 增加所述位置控制器和/或所述速度控制器的响应频率。

另外, 更具体地, 基于所述电动机驱动系统的合计惯性矩值 J , 决定所述位置指令模式变化程度。

进一步, 优选, 所述位置指令模式变化程度, 按照电动机的速度不超过其允许最大速度的方式, 且不具有恒定速度期间地进行加减速的方式决定。

另外, 在本发明优选的实施方式中, 在除了所述位置控制器、速度控制器和电流控制器的级联连接之外, 还按照包括输入位置指令值输出位置前馈信号的位置前馈控制器, 将所述位置控制器的输出和所述位置前馈信号相加输出速度指令值的加法器的方式构成的电动机控制装置中, 将预先登录的多个位置指令模式作为所述位置控制器的位置指令进行多个运转动作, 在多个所述运转动作中, 调整所述位置前馈控制器的控制参数, 以使超调量不超过规定值。

在本发明的具体实施方式中，在反馈控制参数调整时，在通过其电动机控制系统可得到的最大输出附近提供使电动机运转的短移动距离的位置指令模式。由此，包括反共振频率的频率附近使机械系统充分振动。进而，在所述位置指令模式生成时，考虑驱动系统的合计惯性矩值 J 和电动机控制装置的允许最大转矩值 τ_{\max} ，进行自动设定以使加速速率在不超过所述允许最大转矩值 τ_{\max} 的范围内为最大。进而，作为不超过电动机的最大速度的位置指令模式。

这样，自动生成控制系统内部满足不饱和条件的最接近阶跃状指令的位置指令模式，进行反馈控制参数的调整。

另一方面，在前馈控制参数调整时，生成多个位置指令模式，对各位置指令模式设定调整条件。

发明效果

根据本发明优选的实施方式，可以在短时间内调整自动生成的位置指令模式的反馈控制参数。

另外，根据本发明优选的实施方式，对于用户事先登录的多个位置指令参数，可以将超调量控制在规定值以下。

进一步，根据本发明优选的实施方式，关于频繁使用的特定的位置指令模式，可以进行整定时间最小化的前馈控制参数的自动调整。

本发明的其它的目的和特征，在下述实施例的说明中将会明确。

附图说明

图1是表示本发明的第1实施例的电动机控制装置的反馈控制参数的自动调整方法的控制框图。

图2是图1的实施例中的位置指令模式的生成流程图。

图3是用于反馈控制参数自动调整的位置指令模式的生成顺序中的转矩、速度以及位置指令模式的波形图。

图4是第1实施例的反馈控制参数的自动调整流程图。

图5是第1实施例中的振动振幅/整定时间/超调量的测量处理流程图之一。

图6是第1实施例中的振动振幅/整定时间/超调量的测量处理流程图

之二。

图 7 是第 1 实施例中的振动振幅/整定时间/超调量的测量方法说明波形图。

图 8 是添加了本发明的第 2 实施例的前馈控制参数的自动调整机构的电动机控制装置的自动调整装置的控制框图。

图 9 是图 8 的实施例中的前馈增益和整定时间/超调量的关系说明图。

图 10 是第 2 实施例中的前馈增益 K_{ff} 的自动调整方法的处理流程图。

图 11 是第 2 实施例中前馈时间常数和极限前馈增益 K_{ff_bd} 和整定时间的关系图。

图 12 是极限前馈增益 K_{ff_db} 搜索流程之一。

图 13 是极限前馈增益 K_{ff_db} 搜索流程之二。

图 14 是极限前馈增益 K_{ff_db} 搜索流程之三。

图 15 是最佳前馈时间常数 T_{ff_opt} 搜索用数据结构说明图。

图 16 是最佳前馈时间常数 T_{ff_opt} 搜索过程说明图。

图 17 是反馈控制参数自动调整功能设定画面例子。

图 18 是位置前馈控制参数自动调整功能设定画面例子。

图 19 是可采用本发明的电动机控制装置的整体系统一例结构图。

图中文字说明：

1—电动机，2—驱动对象负载，3—连接轴，4—电力变换器，5—位置检测器，6—减法器，7—位置控制器，8—速度运算器，9—减法器，10—速度控制器，11—电流检测器，12—减法器，13—电流控制器，14—反馈控制参数调整部，15—位置前馈控制器，16—加法器，17—反馈和位置前馈控制参数调整部， θ_M^* —位置指令模式， θ_M —位置检测值， θ_e —位置偏差， ω_M^* —速度指令值， ω_M —速度检测值， ω_e —速度偏差， I_q^* —转矩电流指令值， I_q —转矩电流检测值， I_e —电流偏差， ω_{FB}^* —位置控制器输出信号， ω_{FF}^* —位置前馈控制器输出信号。

实施方式

以下参照附图，对本发明的优选实施例进行说明。

实施例 1

图 1 是表示本发明的第 1 实施例的电动机控制装置的自动调整法的控制框图。第 1 实施例的目的在于，自动调整反馈控制参数。在图 1 中，1 为电动机，2 为由所述电动机 1 驱动的驱动对象负载，3 为连接所述电动机 1 和所述驱动对象负载 2 的连接轴，4 为驱动所述电动机 1 的电力变换器。5 为安装在所述电动机 1 的旋转轴，输出所述电动机 1 的旋转轴的位置检测值 θ_M 的位置检测器，6 为计算位置指令值 θ_M^* 和所述电动机 1 的所述位置检测值 θ_M 之间的位置偏差 θ_e 的减法器，7 为按照所述位置偏差 θ_e 输出速度指令值 ω_M^* 的位置控制器，8 为输入由所述位置检测器 5 输出的位置检测值 θ_M ，输出所述电动机 1 的旋转轴的速度检测值 ω_M 的速度运算器，9 为计算所述速度指令值 ω_M^* 和所述电动机 1 的速度检测值 ω_M 之间的速度偏差 ω_e 的减法器，10 为按照所述速度偏差 ω_e ，输出转矩电流指令值 I_q^* 的速度控制器，11 为检测供给到所述电动机 1 的转矩电流检测值 I_q 的电流检测器，12 为计算所述转矩电流指令值 I_q^* 和供给到所述电动机 1 的所述转矩电流检测值 I_q 之间的电流偏差 I_e 的减法器，13 为按照所述电流偏差 I_e 调整所述电力变化器 4 的输出电流的电流控制器，14 为自动调整所述位置控制器 7 和速度控制器 10 的参数的反馈控制参数调整部。该调整部输入所述位置偏差 θ_e ，输出位置指令值 θ_M^* 和设定在所述位置控制器 7 的位置响应频率和设定在所述速度控制器 10 的速度响应频率。

在反馈控制参数调整部 14 的内部，具有后述的反馈控制参数自动调整算法和反馈控制参数的自动调整所需要的阶跃状位置指令模式生成机构。其基本动作为，在阶跃状位置指令施加时的位置偏差 θ_e 的振动振幅在不超过用户所设定的规定值例如允许值的范围内，将位置响应频率和速度响应频率最大化。

图 2 是表示图 1 的实施例中位置指令模式的生成流程图。

图 3 是表示用于反馈控制参数自动调整的位置指令模式的输出顺序中的转矩、速度和位置指令模式的波形图。

使用图 3 的波形图将图 2 的流程和所述位置指令模式自动生成机构进行具体地说明。在图 2 的流程中生成速度模式，该速度模式为以最大的转矩、且速度指令值不会饱和地旋转被指示的移动量（对电动机来说为旋转角度） θ_{max} ，最终生成位置指令模式。此时，速度模式中不设恒定速度期

间, 进一步, 其方针是尽可能将移动距离设定得短。由此, 在位置指令模式中, 可以包括更高频率成分。

在图 2 中, 在自 20 开始流程, 在处理 21 进行移动量 θ_{max} 的计算。前面叙述了移动量 θ_{max} 越短越好, 但是, 极端地将移动量 θ_{max} 设定得短时, 存在与位置偏差 θ_e 相对于移动量 θ_{max} 的振动振幅的比例无关, 其绝对值过小的情况。此时, 所述振动振幅小于所述位置检测器 5 的分辨率, 不能检测出振动。因此, 由式 (1) 决定移动量 θ_{max} 。

(式 1)

$$\theta_{max} = \alpha \cdot \theta_{vib} \dots \dots \dots (1)$$

在 (式 1) 中 θ_{vib} 是用户所设定的位置偏差 θ_e 的振动振幅的容许值。即, 表示用于如果位置偏差 θ_e 的振动振幅小于 θ_{vib} , 则判断位置偏差 θ_e 为不振动的阈值。另外, α 是用户设定的正的常数, 表示移动量 θ_{max} 相对所述位置偏差 θ_e 的振动振幅的容许值 θ_{vib} 的比率。例如, 如果设定 $\alpha=100$, 按 θ_{vib} 为移动量 θ_{max} 的 1/100 计算移动量 θ_{max} , 因此可以可靠地检测移动量 θ_{max} 的 1/100 以上的振幅的振动。通常, 经验上设定 α 为 100 以上的值。

接着, 在处理 22 中, 由式 (2) 计算电动机控制装置和电动机的组合所决定的容许最大扭矩值 τ_{max} 进行加速时的电动机理想最大速度 ω_{peak} 。

(式 2)

$$\omega_{peak} = \sqrt{\frac{\tau_{max} \cdot \theta_{max}}{J}} \dots \dots \dots (2)$$

但是, 在式 (2) 中, τ_{max} 是上述容许最大扭矩值, θ_{max} 是上述移动量, J 是上述电动机、上述连接轴和上述驱动对象负载的惯性矩 (moment) 值合计后的合计惯性矩值。接着, 在判断处理 23 中, 比较上述电动机的理想最大速度 ω_{peak} 和电动机的容许最大速度 ω_{max} , 在理想最大速度 ω_{peak} 小于电动机容许最大速度 ω_{max} 时, 进入处理 24。处理 24, 为即使以容许最大扭矩 τ_{max} 加速, 也不会超过电动机的容许最大速度 ω_{max} 的情况。

图 3 (a) 表示即使以允许的最大转矩 τ_{max} 进行加速, 也不超过电动机允许的最大速度 ω_{max} 的情况。即, 如上所述, 首先, 根据已设定的允许振动振幅 θ_{vib} 的 α 倍决定移动量 θ_{max} 。在该距离中以允许最大转矩 τ_{max} 加速, 不设置恒速期间, 立即以允许的最大转矩 τ_{max} 减速, 则根据正负转矩 41 得到速度模式 40, 由此, 得到移动量 θ_{max} 内的位置指令模式 42。此时的电动机的理想最大速度 ω_{peak} 在不超过电动机的允许最大速度 ω_{max} 时, 可以使用这样的速度模式 40, 因此, 在处理 24 中, 将最大速度设定为所述理想最大速度 ω_{peak} , 进入处理 25。在处理 25, 由式 (3) 计算以允许最大转矩值 τ_{max} 加速到所述理想最大速度 ω_{peak} 的加减速时间 t_a , 进行设定后, 进入 26, 处理结束。

(式 3)

$$t_a = \sqrt{\frac{J \cdot \theta_{max}}{\tau_{max}}} \dots \dots \dots (3)$$

接着, 为了便于判断, 假定电动机的允许最大速度为极端小的情形, 参照图 3 (b) 进行说明。现在, 通过假定, 在所述判断处理 23 中, 因为理想最大速度 ω_{peak} 大于电动机比较小的允许最大速度 ω_{max} , 因此进入处理 27。处理 27 是以允许最大转矩 τ_{max} 加速时, 超过电动机的允许最大速度 ω_{max} 的情况, 无法如图 3 (b) 所示, 将最大速度设定为所述电动机的允许最大速度 ω_{max} , 进入处理 28。即, 速度模式为符号 43 所示, 对其进行时间积分后的移动距离 θ_{SL} 不能达到所述移动量 θ_{max} 。在处理 28, 由式 (4) 计算以允许最大转矩值 τ_{max} 加速到电动机的允许最大速度 ω_{max} 的加减速时间 t_b 并设定后, 进入处理 26, 结束处理。

(式 4)

$$t_b = J \cdot \omega_{max} / \tau_{max} \dots \dots \dots (4)$$

此时电动机的移动量 θ_{SL} 可以用式 (5) 表示。

(式 5)

$$\theta_{SL} = \left(\frac{\omega_{max}}{\omega_{peak}} \right)^2 \cdot \theta_{max} \dots \dots \dots (5)$$

另外，此时，电动机所输出的转矩的大小 τ_{SL} 可以用下述式 (6) 表示，可知比允许最大转矩 τ_{max} 小。

(式 6)

$$\tau_{SL} = \left(\frac{\omega_{max}}{\omega_{peak}} \right)^2 \cdot \tau_{max} \dots \dots \dots (6)$$

图 4 是第 1 实施例的反馈控制参数的自动调整流程图。使用该图，对反馈控制参数调整部 14 中的反馈控制参数的自动调整算法进行说明。在图 4 中，Fs_min 表示用户所设定的最小速度响应频率，Fs_max 表示用户所设定的最大速度响应频率，div_Fs 是用户所设定的速度响应频率增量步长。在后述的调整时，表示将速度响应频率边以 div_Fs 步长从 Fs_min 增加到 Fs_max，边进行调整。同样，Fp_min 为用户设定的最小位置响应频率，Fp_max 为用户设定的最大位置响应频率，div_Fp 为用户设定的位置响应频率增量的步长。在后述的调整时，表示将位置响应频率边以 div_Fp 的步长从 Fp_min 增加到 Fp_max，边进行调整。另外， θ_{vib} 是用户所设定位置偏差 θ_e 振动振幅允许值。Fs 是所述速度控制器 10 中所设定的当前的速度响应频率，Fp 是所述位置控制器 7 中所设定的当前的位置响应频率。Fp_v0 是振动界限的最大位置响应频率，记录位置偏差波形的振动振幅为允许值 θ_{vib} 以下的最大位置响应频率。Fs_v1 是通过调整最终地求得的最佳速度响应频率，Fp_v1 是通过调整最终地求得的最佳位置响应频率，flag_fpmx 其为“1”时表示位置偏差波形的振动振幅在允许值 θ_{vib} 以下的状态下达到最大位置响应时的标志 (flag)。

按照本流程图的调整的基本考虑方法，是可以在位置偏差波形不产生振动的范围内将位置响应频率和速度响应频率设定得尽可能高。另外，根据经验可知存在以下情形：在将位置响应频率徐徐升高的过程中，即使在位置偏差波形中产生振动，通过将速度响应频率稍微提高，可以降低所述

位置偏差波形的振动。因此，充分利用该经验，在位置偏差波形存在振动时，将速度响应频率仅以 div_Fs 提高，进行所述振动的再评价。

接着，按顺序说明图 4 的流程图。在图 4 中，流程自处理 50 开始，在处理 51 实施变量的初始化。在初始化处理 51 中，在 F_s 中代入 F_{s_min} ，按照从所述最小速度响应频率 F_{s_min} 开始调整速度响应频率的方式进行设定。同样，将 F_p 中代入 F_{p_min} ，按照从所述最小位置响应频率 F_{p_min} 开始调整位置响应频率的方式进行设定。进而，振动界限的最大位置响应频率 F_{p_v0} 由最小位置响应频率 F_{p_min} 进行初始化，所述标志 flag_fpmax 由“0”进行初始化。接着，进入处理 52，测定将在所述机构中生成的阶跃状的位置指令作为图 1 中的位置指令值 θ_M^* 施加时的位置偏差 θ_e 的振动振幅。关于该位置偏差 θ_e 的振动振幅的测定机构在后面进行说明。接着，进入判断处理 53，判断所述位置偏差 θ_e 的振动振幅是否在所述允许值 θ_{vib} 之下。如果在判断处理 53 中振动振幅在允许值 θ_{vib} 以下，则存在将位置响应频率进一步提高的余地，进入判断处理 54。在判断处理 54 中，判断当前的位置响应频率 F_p 是否小于最大位置响应频率 F_{p_max} ，如果小于则进入处理 55。在处理 55 中，将当前的位置响应频率 F_p 以位置响应频率增量步长 div_Fp 增加，进入到所述处理 52。另一方面，在所述判断处理 54 中，在当前的位置响应频率 F_p 为最大位置响应频率 F_{p_max} 以上时进入处理 56。在处理 56 中，将所述标志 flag_fpmax 设定为“1”，表示位置偏差波形的振动振幅以允许值 θ_{vib} 以下的状态达到最大位置响应，进入到判断处理 57。在判断处理 57 中，判断当前的速度响应频率 F_s 是否小于最大速度响应频率 F_{s_max} ，如果小于则进入处理 58。在处理 58 中，将当前速度响应频率 F_s 以速度响应频率增量步长 div_Fs 增加，边谋求位置偏差波形的振动振幅的降低，边进入所述处理 52。在所述判断处理 57 中，在当前的速度响应频率 F_s 在最大速度响应频率 F_{s_max} 以上时，表示位置响应频率/速度响应频率一起，以位置偏差波形的振动振幅在允许值 θ_{vib} 以下的状态达到最大值，进入处理 59。在处理 59 中，对于所述最佳速度响应频率 F_{s_v1} 和最佳位置响应频率 F_{p_v1} ，分别代入当前的速度响应频率 F_s 和当前的位置响应频率 F_p 之后，进入处理 60 而结束。

所述判断处理 53 中在振动振幅不在允许值 θ_{vib} 以下时，进入判断处

理 61。在判断处理 61 中，检验所述标志 `flag_fpmax`，确认位置偏差波形的振动振幅是否以允许值 θ_{vib} 以下的状态达到最大位置响应。这里，在 `flag_fpmax` 不为 0 时，表示位置偏差波形的振动振幅在允许值 θ_{vib} 以下的状态，达到最大位置响应，然后，在位置偏差波形的振动振幅超过允许值 θ_{vib} 之前，提高速度响应频率，进入处理 67。在处理 67 中，对于所述最佳速度响应频率 `Fs_v1`，因为位置偏差波形的振动振幅设定为允许值 θ_{vib} 以下的条件，因此代入自所述当前的速度响应频率 `Fs` 中减去速度响应频率增量步长 `div_Fs` 后的值，进入处理 60 结束。在判断处理 61 中，在 `flag_fpmax=0` 时，进入判断处理 62，比较当前位置响应频率 `Fp` 和所述振动界限的最大位置响应频率 `Fp_v0`。这里，“`Fp>Fp_v0`”不成立时，表示当前的位置响应频率 `Fp` 不存在超过振动界限的最大位置响应频率 `Fp_v0` 的条件，进入所述处理 67。在所述判断处理 62 中，在“`Fp>Fp_v0`”成立时，进入判断处理 63。在判断处理 63 中，判断当前的速度响应频率 `Fs` 是否小于最大速度响应频率 `Fs_max`，如果小于进入处理 64。在处理 64 中，将当前速度响应频率 `Fs` 增加速度响应频率增量步长 `div_Fs`，谋求位置偏差波形的振动振幅的降低。进一步，将当前的位置响应频率 `Fp` 减少位置响应频率增量步长 `div_Fp`，以使位置偏差波形的振动振幅必需为允许值 θ_{vib} 以下，进入处理 65。在处理 65 中，记录当前的位置响应频率 `Fp` 作为振动界限的最大位置响应频率 `Fp_v0`，将位置响应频率进一步提高进入所述处理 52。在所述判断处理 63 中，在当前的速度响应频率 `Fs` 为最大速度响应频率 `Fs_max` 以上时，意味着当前的速度响应频率 `Fs` 不能增加到该值以上，进入处理 66。在处理 66 中，对于所述最佳速度响应频率 `Fs_v1`，代入当前的速度响应频率 `Fs`。进一步，对于所述最佳位置响应频率 `Fp_v1`，按照位置偏差波形的振动振幅必须在允许值 θ_{vib} 以下的方式，代入将当前的位置响应频率 `Fp` 减少位置响应频率增量步长 `div_Fp` 后的值，然后，进入处理 60 结束。

图 5 和图 6 是在第 1 实施例中的振动振幅与整定时间及超调量的测量处理的流程图。使用该流程，对在反馈控制参数调整部 14 和后述的位置反馈控制参数调整部 17 中测量必要的所述位置偏差波形的振动振幅、整定时间 (setting time)、超调量的方法进行说明。在图 5 和图 6 中，timeout

是用户设定整定监视超时时间，是位置偏差波形以零交叉点时刻作为开始的起点，仅在 `timeout` 中测量整定时间的调整参数。`Posin_pls` 是用户设定的整定判断用偏差，在位置偏差的绝对值稳定为 `posin_pls` 以下时进行整定。另外，`poserr` 是所述位置偏差，`poserr_work` 是振动与超调测量用位置偏差，阶跃状指令施加之后的位置偏差与电动机的旋转方向无关，是始终从正侧开始符号调整位置偏差 `poserr` 后的状态量。`flag_poserr_plus` 是表示阶跃状位置指令施加之后的位置偏差自正侧开始的标志，在位置偏差从正侧开始时，设 `flag_poserr_plus = 1`，位置偏差从负侧开始时，设 `flag_poserr_plus = 0`。因而，如果 `flag_poserr_plus = 1` 则 `poserr_work = poserr`，如果 `flag_poserr_plus = 0` 则 `poserr_work = -poserr`。`Poserr_min` 是位置偏差最小值，是阶跃状的位置指令变化结束之后，到整定时间的测量结束为止的期间，始终保持该时刻的所述 `poserr_work` 的最小值的变量。`Poserr_vib` 是位置偏差中的振动振幅最大值，是从根据“`poserr_work - poserr_min`”算出的 `poserr_work` 的振动振幅中始终保持最大值的变量。`flag_plsin` 是整定判断用偏差到达标志，如果位置偏差的绝对值在整定判断用偏差 `posin_pls` 以下，则设 `flag_plsin = 1`，如果不是这样，则设 `flag_plsin = 0`。`flag_plsin_bk` 是整定判断用偏差到达标志上一次的值，是与上一次设定的 `flag_plsin` 同值的标志。`time_s` 是测量经过时间，是以阶跃状的位置指令变化结束后作为起点的经过时间，`time_w` 是整定监视经过时间，表示位置偏差波形以零交叉点时刻为起点开始的经过时间。`St` 是整定时间，在位置偏差的绝对值每次自比整定判断用偏差 `posin_pls` 大的值开始变为 `posin_pls` 以下时，将测量经过时间 `time_s` 代入 `St`。由此，所述整定监视超时时间 `timeout` 如果设定得适当长，则在 `St` 中记录阶跃状的位置指令变化结束后开始到位置偏差最终整定为止所需要的时间。`Over_shoot` 是超调量相对于电动机位置的位置指令值的超调量，整定后与所述 `poserr_min` 的符号相反值相等。

接着，按顺序对图 5 和图 6 的流程进行说明。在图 5 和图 6 中，流程自处理 80 开始，在判断处理 81 中确认位置指令值 θ_M^* 的变化。这里，因为阶跃状位置指令被输入之前，位置指令无变化，所以重复执行判断处理 81，但是输入阶跃状位置指令时，判断“位置指令值 θ_M^* 存在变化”，进

入判断处理 82。在判断处理 82 中，判断位置指令是否恒定。这里，在阶跃状的位置指令完全上升后的时刻开始，位置指令为恒定，进入判断处理 83。另一方面，在阶跃状指令上升中，重复执行所述判断处理 82。在判断处理 83 中确认位置偏差 $poserr$ 的正负，如果是正则进入处理 84。在处理 84 中，将表示所述位置偏差 $poserr$ 自正开始的标志 $flag_poserr_plus$ 置为“1”，进入处理 85。在处理 85 中，由位置偏差 $poserr$ 初始化所述位置偏差最小值 $poserr_min$ 进入到初始化处理 86。在所述判断处理 83 中，如果位置偏差 $poserr$ 为负则进入处理 87，将表示所述位置偏差 $poserr$ 自正开始的标志 $flag_poserr_plus$ 置为“0”，进入处理 88。在处理 88 中，将所述位置偏差最小值 $poserr_min$ 用位置偏差 $poserr$ 的符号相反值 $-poserr$ 进行初始化，进入到初始化处理 86。初始化处理 86 中，将位置偏差中的振动振幅最大值 $poserr_vib$ 、测量经过时间 $time_s$ 、整定监视经过时间 $time_w$ 、整定判断用偏差到达标志上一次值 $flag_plsin_bk$ 用零进行初始化，进入到处理 90。在处理 90 中，测量经过时间 $time_s$ 加 1，进入判断处理 91。在判断处理 91 中，位置偏差 $poserr$ 的绝对值如果在整定判断用偏差 $posin_pls$ 以下，则进入到处理 92，整定判断用偏差到达标志 $flag_plsin$ 置为 1，进入到判断处理 93。在判断处理 93 中，判断整定判断用偏差到达标志上一次值 $flag_plsin_bk$ 是否为零，如果 $flag_plsin_bk=0$ ，进入到处理 95，整定时间 St 记录测量经过时间 $time_s$ 进入到处理 95。在处理 95 中，对下一次位置偏差判断处理 91 中具备的、整定判断用偏差到达标志上一次值 $flag_plsin_bk$ 代入本次的整定判断用偏差到达标志 $flag_plsin$ 的值，进入到判断处理 97。在所述判断处理 91 中，如果位置偏差 $poserr$ 的绝对值不是整定判断用偏差 $posin_pls$ 以下时，进入处理 96，将整定判断用偏差到达标志 $flag_plsin$ 置为“0”，进入到所述处理 95。另外，在所述判断处理 93 中，如果 $flag_plsin_bk=1$ ，则因为已经整定，不必将整定时间 St 更新，进入所述处理 95。另外，在判断处理 97 中，检验表示所述位置偏差从正值开始的标志 $flag_poserr_plus$ 。如果 $flag_poserr_plus=1$ ，位置偏差从正值开始，将位置偏差 $poserr$ 直接代入所述振动/超调测量用位置偏差 $poserr_work$ ，进入到判断处理 99。在判断处理 97 中，如果 $flag_poserr_plus=0$ ，则位置偏差从负值开始，将位置偏差 $poserr$ 的符号相反值 $-poserr$

代入所述振动/超调测量用位置偏差 $poserr_work$ ，进入到判断处理 99。在判断处理 99 中，判断振动/超调测量用位置偏差 $poserr_work$ 是否为位置偏差最小值 $poserr_min$ 以下。如果是其以下，则进入处理 101，用当前的振动/超调测量用位置偏差 $poserr_work$ 更新位置偏差最小值 $poserr_min$ ，进入到判断处理 102。在所述判断处理 99 中，振动/超调测量用位置偏差 $poserr_work$ 如果不在位置偏差最小值 $poserr_min$ 以下时，不必更新位置偏差最小值 $poserr_min$ ，进入到判断处理 102。在判断处理 102 中，比较到此之前测量的位置偏差中的振动振幅最大值 $poserr_vib$ 和“ $poserr_work - poserr_min$ ”。而且， $poserr_vib$ 一方小的情况下，用“ $poserr_work - poserr_min$ ”更新 $poserr_vib$ 进入到判断处理 104。在所述判断处理 102 中，在 $poserr_vib$ 一方大的情况下，不更新 $poserr_vib$ ，进入到判断处理 104。在判断处理 104 中，为了检测出位置偏差进行了零交叉，评价位置偏差最小值 $poserr_min$ 是否在零以下。这里，如果 $poserr_min \leq 0$ ，则判断过去位置偏差进行了零交叉。进入到处理 105。在处理 105 中，将表示位置偏差波形最初零交叉的时刻作为起点的经过时间的整定监视经过时间 $time_w$ 加 1，进入判断处理 106。在判断处理 104 中， $poserr_min \leq 0$ 不成立时，判断位置偏差波形尚未进行过一次零交叉，进入到处理 90。在判断处理 106 中，比较将阶跃状的位置指令变化结束之后作为起点的整定监视经过时间 $time_w$ 和整定监视超时时间 $timeout$ ，如果 $time_w \geq timeout$ ，则进入到应该将整定监视结束的处理 107。另一方面，在所述判断处理 106 中，在 $time_w \geq timeout$ 不成立时，进入到应该继续整定监视的处理 90 中。在所述处理 107 中，设定位置偏差最小值 $poserr_min$ 的符号相反值 $-poserr_min$ 为超调量 $over_shoot$ ，进入处理 108，结束测量所述位置偏差波形的振动振幅、整定时间、超调量的处理。

图 7 是说明第一实施例中的振动振幅/整定时间/超调量的测量方法的说明波形图，使用各部状态量的波形，用具体例表示图 5 和图 6 的流程结果。在图 7 中，波形 120 是位置指令值 θ_M^* ，波形 121 是位置偏差 $poserr$ 和振动/超调测量用位置偏差 $poserr_work$ 。波形 122 是整定判断用偏差到达标志 $flag_plsin$ 、波形 123 是位置偏差最小值 $poserr_min$ ，波形 124 是 $poserr_work - poserr_min$ 。另外，各个波形的横轴是测量经过时间 $time_s$ 。

将表示位置指令的波形 120 完全上升的时刻设为 $time_s=0$ 。因为此时位置指令波形 120 变换为正方向，因此 $time_s \geq 0$ ， $poserr_work$ 与位置偏差 $poserr$ 相等。这里，如果位置指令波形 120 变化为负方向，表示 $poserr_work$ 的波形 121 不变，只是将位置偏差 $poserr$ 的波形 121 相对时间轴线对称地变换后的波形。另外，如果在表示 $poserr_work$ 的波形 121 存在于曲线中 $-posin_pls$ 到 $posin_pls$ 之间，则表示整定判断用位置偏差到达标志 $flag_plsin$ 的波形 122 取“1”，除此之外，取“0”。如该例所示，在位置偏差波形为振动的情况下，整定判断用偏差到达标志 $flag_plsin$ 多次反复取“0”和“1”之后，尤其，如果整定监视超时时间 $timeout$ 设定得足够长，则最终将落于“1”。另外，在每个整定判断用偏差到达标志 $flag_plsin$ 的上升沿（箭头）用测量经过时间 $time_s$ 更新整定时间 St 。整定监视经过时间 $time_w$ 是用于测量上述整定监视超时时间 $timeout$ 的经过时间，如图中时间轴 125 所示，以位置偏差波形 121 初次零交叉后的时刻作为起点。这样，与测量经过时间 $time_s$ 不同，重新设定以位置偏差波形 121 初次零交叉后的时刻作为起点的整定监视经过时间 $time_w$ 。其理由是自位置偏差波形零交叉后的时刻开始到整定为止所需要的时间不太受位置响应频率或速度响应频率这样的控制参数的影响。由此，在用户的整定监视超时时间 $timeout$ 的设定时，不必考虑位置响应频率或速度响应频率这样的控制参数，仅设定为一定值，就可以正确测定整定时间 St 。另外，波形 123，是位置偏差最小值 $poserr_min$ ，如果与振动/超调测量用位置偏差进行比较，则容易明白，但其表示 $poserr_work$ 中的各时刻的最小值。另外，波形 124 为 $poserr_work - poserr_min$ ，是仅提取出振动/超调测量用位置偏差 $poserr_work$ 中所包括的振动成分后的波形。如果 $poserr_work$ 是不伴随振动逐渐衰减的波形， $poserr_work - poserr_min$ 始终为零这样是可以理解的。另外，最终求得的位置偏差中振动最大值 $poserr_vib$ 是波形 124 的峰值保持值。

如以上所述，通过使用图 5 和图 6 的流程，可以测量反馈控制参数调整部 14 中所需要的所述位置偏差波形的振动振幅、整定时间、超调量。另外，即使在后述的第 2 实施例的位置前馈控制参数调整部 17 中，也可以利用上述位置偏差波形的振动振幅、整定时间、超调量。

(实施例 2)

图 8 是包括本发明第 2 实施例的电动机控制装置的前馈控制参数的自动调整机构的控制方框图。在第 2 实施例中，除了图 1 的反馈控制参数的自动调整还进行位置前馈控制参数的自动调整。在图 8 中，与图 1 相同的功能部赋予相同的符号，从而避免重复说明。7 是对应位置偏差 θ_e 输出位置控制器输出信号 ω_{FB}^* 的位置控制器，15 是输入位置指令值 θ_M^* 输出位置前馈控制器输出信号 ω_{FF}^* 的位置前馈控制器。其输入输出关系在拉普拉斯算子作为 s 时，使用作为控制器参数的前馈增益 K_{ff} 和前馈时间常数 T_{ff} ，可以用式 (7) 表示。

(式 7)

$$\omega_{FF}^* = \frac{K_{ff} \cdot \theta_M^*}{1 + s \cdot T_{ff}} \dots \dots \dots (7)$$

17 与图 1 的 14 相同，除了自动调整位置控制器 7 和速度控制器 10 的参数之外，还是自动调整位置前馈控制器 15 中的前馈增益 K_{ff} 和时间常数 T_{ff} 的控制参数调整部。因此，作为在 14 的基础上附加的功能，输入位置偏差 θ_e ，输出位置指令值 θ_M^* 和位置前馈控制器 15 中所设定的前馈增益 K_{ff} 和前馈时间常数 T_{ff} 。另外，在控制参数调整部 17 的内部，还具有将后述的位置前馈控制参数的自动调整算法和用户预先登录的多个位置指令模式依次作为位置指令值 θ_M^* 输出的功能。其基本动作，对于多个位置指令模式的全体进行实际的运转动作，关于所有的位置指令模式满足超调量不超过允许值的条件，且，将特定的位置指令模式中的整定时间最小化。此时，进行位置前馈控制器的前馈增益 K_{ff} 和前馈时间常数 T_{ff} 的自动搜索。

接着，具体说明前馈增益 K_{ff} 的自动调整方法，首先参照图 9 说明该方法。

图 9 是图 8 的实施例中的前馈增益和整定时间及超调量的关系说明图，该图 (a)，是前馈增益和整定时间的关系，该图 (b) 是表示前馈增益和超调量的关系。图 9 (a) 中，横轴是前馈增益 K_{ff} ，纵轴是整定时间，基本上表示了前馈增益 K_{ff} 越大整定时间越小的趋势。如图所示，表示了

如果前馈增益 K_{ff} 在某个值以上时，整定时间急剧增长。另一方面，在图 9 (b) 中，横轴是前馈增益 K_{ff} ，纵轴是超调量，前馈增益 K_{ff} 小，完全不能产生超调。但是，前馈增益 K_{ff} 达到某个值以上时，开始产生超调，以后，其发生量关于 K_{ff} 单调增加。

以上，根据图 9 (a)、(b)，在超调量为零或非常小时，可以说前馈增益 K_{ff} 设定得大的一方整定时间短。另外，根据将前馈增益 K_{ff} 设定得越大超调量越大可知：为了使整定时间最小化，将前馈增益 K_{ff} 在超调量不超过允许值得范围内最大化即可。

因而，在以下的说明处理流程中，关于预先登录的所有位置指令模式，进行满足超调量不超过允许值的条件的最大前馈增益 K_{ff} 的搜索。

图 10 是第 2 实施例中的前馈增益 K_{ff} 的自动调整法的处理的流程图。另外，关于前馈时间常数 T_{ff} 的自动调整法，在其调整过程中，因为需要前馈增益 k_{ff} 的自动调整，所以在后面进行说明。

在图 10 中， K_{ff_ini} 是用户设定的前馈增益初始值， $dmax_K_{ff}$ 是用户设定的前馈增益搜索最大步长 (step)， $dmin_K_{ff}$ 是用户设定的前馈增益搜索最小步长。 K_{ff} 是设定在位置前馈控制器 15 中的当前的前馈增益， div_K_{ff} 是当前前馈增益搜索步长， K_{ff_bd} 是最终要求得的极限前馈增益。在后述的调整时，自 $K_{ff}=K_{ff_ini}$ 开始搜索， $K_{ff}=K_{ff_ini}$ 超调量如果小于允许值，将 K_{ff} 以 $dmax_K_{ff}$ 的步长增加。另外， $K_{ff}=K_{ff_ini}$ ，如果超调量在允许值以上，则将 K_{ff} 以 $dmax_K_{ff}$ 的步长减少。进而，在上述 $dmax_K_{ff}$ 步长的 K_{ff} 的更新中，超调量自小于允许值变化到允许值以上，或者，超调量自允许值以上变化为小于允许值时，实施以下处理。即，边将上述当前的前馈增益搜索步长 div_K_{ff} 减半，边进行 K_{ff} 的增减搜索处理，直至 div_K_{ff} 小于前馈增益搜索最小步长 $dmin_K_{ff}$ 为止。

接着，根据图 10 的流程顺序进行说明。在图 10 中，自 150 开始流程，在初始化处理 151 中将当前前馈增益 K_{ff} 设定为前馈增益初始值 K_{ff_ini} 。而且，当前的前馈增益搜索步长 div_k_{ff} 设定为前馈增益搜索最大步长 $dmax_K_{ff}$ ，进入到处理 152。在处理 152 中，执行用户预先登录的所有位置指令模式的运转，在每个运转中由上述机构测量整定时间、超调量，进入到判断处理 153。在所述判断处理 153 中，对各个运转模式的超调量进

行评价, 在任一个运转模式的超调量为允许值以上的情况下, 进入到处理 154。在处理 154 中, 当前的前馈增益 K_{ff} 减少当前的前馈增益搜索步长 div_K_{ff} 之后, 进入到处理 155。在处理 155 中, 与上述处理 152 同样进行用户预先登录的所有位置指令模式的运转, 在每个运转中测量整定时间、超调量, 进入到判断处理 156。在所述判断处理 156 中, 进行各运转模式的超调量的评价, 在所有的运转模式的超调量小于允许值时, 进入到处理 157。另一方面, 在所述判断处理 156 中, 任一运转模式的超调量在允许值以上时, 进一步以减少当前前馈增益 K_{ff} 为目的, 进入到所述处理 154。在所述处理 157 中, 作为所有的运转模式的超调量小于允许值的最大 K_{ff} 的候补之一, 以当前的前馈增益 K_{ff} 更新极限前馈增益 K_{ff_bd} , 进入到处理 158。在处理 158 中, 考虑后面的流程, 将当前的前馈增益 K_{ff} 加上当前的增益搜索步长 div_K_{ff} , 重新设定任一运转模式中的超调量达到允许值以上的条件, 进入到处理 159。在所述判断处理 153 中, 在所有运转模式中的超调量小于允许值时, 进入到处理 160。在所述处理 160 中, 作为所有的运转模式的超调量小于允许值的最大 K_{ff} 的候补之一, 以当前的前馈增益 K_{ff} 更新极限前馈增益 K_{ff_bd} , 进入到处理 161。在所述处理 161 中, 将当前的前馈增益 K_{ff} 加上当前前馈增益搜索步长 div_K_{ff} 之后, 进入到处理 162。在处理 162 中, 进行与所述处理 155 同样的用户预先登录的所有位置指令模式的运转, 在每个运转中测量整定时间、超调量, 进入到判断处理 163。在所述判断处理 163 中, 进行各运转模式的各个超调量的评价, 在任一个的运转模式的超调量达到允许值以上时, 进行所述处理 159。另一方面, 在所述判断处理 163 中, 在所有的运转模式中的超调量均小于允许值时, 进一步以增加当前的前馈增益 k_{ff} 为目的, 进入所述处理 160。接着所述处理 159 的流程, 边将所述当前的前馈增益搜索步长 div_K_{ff} 减半边进行增减 K_{ff} 的搜索处理, 在处理 159 中, 将所述当前的前馈增益搜索步长 div_K_{ff} 减半, 进入到判断处理 165。在所述判断处理 165 中, 判断当前的前馈增益搜索步长 div_K_{ff} 的大小是否为前馈增益搜索最小步长 $dmin_K_{ff}$ 以上。而且, 如果是其以上, 则进入到处理 166, 如果小于其则进入到 176, 结束前馈增益 K_{ff} 的搜索处理。在处理 166 中, 将当前的前馈增益 K_{ff} 减少当前的前馈增益搜索步长 div_K_{ff} 后, 进入到处理

167。在处理 167 中，与所述处理 162 同样进行用户预先登录的所有位置指令模式的运转，测量各个运转中的整定时间、超调量，进入到判断处理 168。在所述判断处理 168 中，进行各个运转模式的超调量评价，在所有的运转模式的超调量小于允许值时，进入到处理 169。另一方面，在所述判断处理 168 中，任一运转模式的超调量达到允许值以上时，进一步以减少当前的前馈增益 K_{ff} 为目的，进入到所述处理 159。在所述处理 169 中，作为所有运转模式的超调量小于允许值的最大 K_{ff} 的候补之一，用当前的前馈增益 K_{ff} 更新极限前馈增益 K_{ff_bd} ，进入到处理 170。在所述处理 170 中，将所述当前的前馈增益搜索步长 div_K_{ff} 减半，进入到判断处理 171。在所述判断处理 171 中，判断当前前馈增益搜索步长 div_K_{ff} 的大小是否为前馈增益搜索最小步长 $dmin_K_{ff}$ 以上。而且，如果是其以上进入到处理 172，如果小于则进入到 176，结束前馈增益 K_{ff} 的搜索处理。在处理 172 中，将当前前馈增益 K_{ff} 加上当前的前馈增益搜索步长 div_K_{ff} 之后，进入到处理 173。在处理 173 中，与所述处理 167 同样，进行用户预先登录的所有位置指令模式的运转，在每个运转中，测量整定时间、超调量，进入到判断处理 174。在所述判断处理 174 中，进行各个运转模式的超调量的评价，在任一个运转模式的超调量达到允许值以上时，进一步以减少当前前馈增益 K_{ff} 为目的，进入到处理 159。另一方面，在所述判断处理 174 中，作为所有运转模式的超调量小于允许值的情况下，进入处理 175。在所述处理 175 中，以当前的前馈增益更新极限前馈增益 K_{ff_bd} ，作为所有的运转模式的超调量小于运行值的最大 K_{ff} 的候补之一，进一步以增加当前的前馈增益 K_{ff} 为目的，进入到所述处理 170。

以上，如果使用图 10 的流程，则关于预先登录的所有位置指令模式，找出满足超调量不超允许值的条件的最大前馈增益 K_{ff} ，作为极限前馈增益 K_{ff_db} 。另外，此时的整定时间如果超调量的允许值足够小则为最小。

另外，所述的图 9 (a)、(b) 具体的表示了以图 10 的流程进行的调整过程。此时的各个调整参数 $K_{ff_ini}=0.10$ ， $dmin_K_{ff}=0.005$ ， $dmax_K_{ff}=0.10$ ，超调量允许值=2[pulse]。按图 9 中的 (1) 到 (6) 的顺序进行搜索，最终在处理 170 中，置位 $div_K_{ff}=0.003125$ 。因此，在接下来的判断处理 171 中为“否”，进入到结束。

图 11 是第 2 实施例中的前馈时间常数和极限前馈增益 K_{ff_db} 和整定时间的关系的说明图。说明了该图 (a) 所示的前馈时间常数和极限前馈增益 (最大值) 中的整定时间的关系和、该图 (b) 所示的前馈时间常数和极限前馈增益的关系。

图 11 (a) 横轴是前馈时间常数 T_{ff} , 纵轴是极限前馈增益的整定时间, 图 11 (b) 横轴是前馈时间常数 T_{ff} , 纵轴是前馈增益。另外, 作为各个曲线的参数, 选择三种不同的位置指令模式。这里, 所谓的极限前馈增益 K_{ff_db} 是关于各位置指令模式, 满足超调量不超过允许值的条件的最大前馈增益 K_{ff} 。具体地说, 图 11 (b) 的各个波形上的数值, 以将前馈时间常数 T_{ff} 固定的条件下, 将所述图 10 的流程对于各个单独的位置指令模式执行, 而求得的数值。图 11 (a) 的各个波形上的数值, 是记录这样求得的极限前馈增益 K_{ff_bd} 中的整定时间 St_bd 的数值。这里, 根据图 11 (a)、(b) 可知, 赋予最小的整定时间的最佳前馈时间常数根据位置指令模式而异。例如, 根据图 11 (a), 位置指令模式 1 的最佳前馈时间常数约为 5ms, 位置指令模式 2 和位置指令模式 3 的最佳前馈时间常数分别为 9ms、10ms。另外, 图 1 (b) 表示极限前馈增益 K_{ff_db} 也根据位置指令模式而不同。

如以上具体例所示, 最佳前馈时间常数和极限前馈增益 K_{ff_bd} , 根据位置指令模式而变化。因此, 在位置前馈控制参数调整时, 使用用户实际使用的位置指令模式而实施。另外, 对于多个的位置指令模式, 在决定合适的位置前馈控制参数时, 特别是用户本人可以指定整定时间最小化的位置指令模式。而且, 找到实现在该位置指令模式的整定时间最小化的前馈时间常数。

图 12~图 14 是基于以上所示的想法的极限前馈增益 K_{ff_bd} 搜索流程图。另外, 本流程中, 为了高效地保存与评价极限前馈增益 K_{ff_bd} 时的参数设定值和整定时间测定结果, 使用由图 15 所示的 $data[0]$ 、 $data[1]$ 、 $data[3]$ 3 个结构体型要素构成的结构体排列型的数据结构。

图 15 是最佳前馈时间常数 T_{ff_opt} 搜索用数据结构说明图, 使用由 $data[0]$ 、 $data[1]$ 、 $data[3]$ 3 个结构体型要素构成的结构体排列型的数据结构。另外, 结构体的要素为以下四个。首先是前馈时间常数 T_{ff} , 接着是该 T_{ff}

中的极限前馈增益 K_{ff_bd} 。进而是该 T_{ff} 、 T_{ff_bd} 中的相对于优先位置指令模式的整定时间 St_bd ，最后是指示排列号码的下一个数据的索引 $next$ ，该排列号码是保存与该 T_{ff} 中的次小的 T_{ff} 相关的数据的排列号码。 Sm_index ，是表示在所述结构体排列 $data[0]$ 、 $data[1]$ 、 $data[2]$ 内，哪一个号码的排列中保存与当前最小的 T_{ff} 相关的数据的最小 T_{ff} 数据指示索引。另外，在以下，对各个结构体要素的参照机构，与 C 语言的描述同样进行说明。例如，参照结构体排列 $data[1]$ 的要素 St_bd 时，描述为 $data[1].St_bd$ 。另外，如图 15 所示，在 $data[0].next=1$ 时，即使为 $data[data[0].next].St_bd$ 也可以参照 $data[1]$ 的要素 St_bd 。

在图 12~14 的流程中， T_{ff_ini} 是用户设定的前馈时间常数初始值， $dmin_T_{ff}$ 是用户设定的前馈时间常数搜索最小步长。另外， $dmax_T_{ff}$ 是用户设定的前馈时间常数搜索最大步长， T_{ff} 是位置前馈控制器 15 中设定的当前前馈时间常数， div_T_{ff} 是当前的前馈时间常数搜索步长。进一步， T_{ff_opt} 是最终要求得的最佳前馈时间常数， K_{ff_opt} 是最佳前馈增益，与最佳前馈时间常数 T_{ff_opt} 中的极限前馈增益 K_{ff_bd} 相等。另外， dat_count 是初始取得数据数量计数，用于确定与 T_{ff} 相关的取得数据数量存在 3 点的计数， $data[]$ 和 sm_index 如上所述。

接着，边参照图 16 边说明本流程的最佳前馈时间常数 T_{ff_opt} 的搜索概要。

图 16 是最佳前馈时间常数 T_{ff_pot} 搜索过程说明图。在图中，横轴为前馈时间常数 T_{ff} ，纵轴是对于该前馈时间常数 T_{ff} 中的极限前馈增益 K_{ff_bd} 中的优先位置指令模式的整定时间 St_bd 。另外，在图 16 所示的例子中，设 $T_{ff_ini}=T_{ff_1}$ 。在该流程中，边经常评价与 T_{ff} 有关的 3 点数据，边决定应该搜索的 T_{ff} 。因此，首先将 $T_{ff}=T_{ff_1}$ 的数据 (1) 作为起点，以 $dmax_T_{ff}$ 间隔取得数据 (2)、数据 (3)。接着，评价数据 (1)、(2)、(3)，这些 St_bd 关于 T_{ff} 单调减少，因此，期待 St_db 进一步减少，在数据 (3) 的延长上得到数据 (4)，丢弃溢出数据 (1)。接着，评价数据 (2)、(3)、(4)，因为这些 St_bd 关于 T_{ff} 向下凸起，因此最佳前馈时间常数 T_{ff_opt} 位于“数据 (2) 和数据 (3) 之间”或“数据 (3) 和数据 (4) 之间”的任一之中。该时刻，不能断定 T_{ff_opt} 存在于哪一侧，但是比较

两端的数据 (2) 和数据 (4) 的 St_{bd} , 搜索小的一侧。因而, 取得数据 (3) 和数据 (4) 的中点数据 (5), 丢弃数据 (2)。接着, 评价数据 (3)、(5)、(4), 因为这些 St_{bd} 关于 Tff 向下凸起, 与上述同样比较数据 (3) 和数据 (4) 的 St_{bd} , 取得小的一侧数据 (6), 丢弃数据 (4)。接着, 评价数据 (3)、(6)、(5), 因为这些 St_{bd} 关于 Tff 单调减少, 因此在数据 (5) 的延长上取得数据 (7), 丢弃溢出数据 (3)。这里, 评价数据 (6)、(5)、(7), 这些 St_{bd} 关于 Tff 向下凸起。但是, 进行进一步搜索, 使当前的前馈时间常数搜索步长 div_Tff 小于用户所设定的前馈时间常数搜索最小步长 $dmin_Tff$ 。因而, 结束搜索, 该时刻的最小点的数据 (5) 的 Tff 作为最佳前馈时间常数 Tff_{pot} 。以上, 边参照图 16 边说明图 12~14 所示的流程的搜索概要。

接着, 按顺序说明图 12~14 的流程。首先在 200 开始流程。在初始化处理 201 中, 将当前的前馈时间常数 Tff 设定为前馈时间常数初始值 Tff_{ini} , 将当前的前馈时间常数搜索步长 div_Tff 设定为前馈时间常数搜索最大步长 $dmax_Tff$ 。另外, 将所述结构体排列 $data[]$ 的队列按照存储的 Tff 小的顺序初始化为 $data[0]$ 、 $data[1]$ 、 $data[2]$ 。因此, 将以下的数据指示索引 $next$ 设为 $data[0].next=1$ 、 $data[1].next=2$ 、 $data[2].next=0$, 进一步, 将最小 Tff 数据指示索引 sm_index 设为 $sm_index=0$ 。另外, 为了将当前的取得数据数量设为零, 设初始取得数据数量计数 $dat_count=0$, 进入到处理 202。在处理 202 中, 实施上述图 10 的极限前馈增益 Kff_{bd} 搜索流程, 进入到处理 203。在处理 203 中, 在 $data[dat_count].Tff$ 中保存当前前馈时间常数 Tff , 在 $data[dat_count].kff_{bd}$ 中保存当前的 Tff 中的极限前馈增益 Kff_{db} 。另外, 在 $data[dat_count].St_{bd}$ 中保存对于当前的 Tff 和 Kff_{bd} 中的优先位置指令模式的整定时间 St_{bd} , 进入到判断处理 204。在判断处理 204 中, 评价初始取得数据数量计数 dat_count 的值, 如果关于 Tff 的数据的数量为 3 点则进入到判断处理 205, 如果数据数量没有 3 点, 则进入到处理 206。在处理 206 中, 当前的前馈时间常数 Tff 加上当前前馈时间常数搜索步长 div_Tff , 将初始取得数据数量计数 dat_count 的值加 1, 进入到判断处理 202。在所述判断处理 205 中, 判断对于优先位置指令模式的整定时间 St_{bd} 关于前馈时间常数 Tff 是否向下凸起。这里的处理, 具

体地说，如果按照以下那样，则判断向下凸起，进入到处理 207。即 $data[sm_index].St_bd > data[data[sm_index].next].St_bd$ 、且 $data[data[sm_index].next].St_bd > data[data[sm_index].next].St_bd$ 。在处理 207，将当前前馈时间常数搜索步长 div_Tff 减半，进入到判断处理 208。在所述判断处理 208 中，判断当前前馈时间常数搜索步长 div_Tff 的大小是否为前馈时间常数搜索最小步长 $dmin_Tff$ 以上，如果是其以上，进入到判断处理 209，如果比其小则进入到处理 210。在所述判断处理 209 中，在 3 点数据之内，比较对于最小 Tff 中的优先位置指令模式的整定时间 St_bd 和最大 Tff 中的 St_bd 的大小关系。

具体地说，判断 $data[sm_index].St_bd > data[data[data[sm_index].next].next].St_bd$ 是否成立，在成立时，进入到处理 212。在处理 212 中，为了在第二大的 Tff 和最大的 Tff 的中心取得新数据，将 Tff 设为第二大的 Tff 和 div_Tff 相加后的值。具体地说，用 $data[data[sm_index].next].Tff + div_Tff$ 更新当前前馈时间常数 Tff ，进入到处理 213。在处理 213，实施所述的图 10 的极限前馈增益 Kff_bd 搜索流程，进入到处理 214。在处理 214 中，由所述处理 213 取得的新数据改写更新保存了与当前最小的 Tff 相关的数据后的排列要素。因此，将当前的前馈时间常数 Tff 保存在 $data[sm_index].Tff$ 中，将当前的 Tff 中极限前馈增益 Kff_bd 保存在 $data[sm_index].Kff_bd$ 中。而且，将对于当前的 Tff 和 Kff_bd 中的优先位置指令模式的整定时间 St_bd 保存在 $data[sm_index].St_bd$ 。进而，修正下一个数据指示索引 $next$ 的混乱，该下一个数据指示索引 $next$ 为由今后的第二大的 Tff 相关数据的新数据更新保存有与至今最小的 Tff 相关的数据的排列要素的数据指示索引。具体地说，将 $data[sm_index].next$ 的值暂时存在变量 tmp 之后，用 $data[data[sm_index].next].next$ 更新 $data[sm_index].next$ 。另外，用 sm_index 更新 $data[data[sm_index].next]$ 。

$x].next].next$ ，用所述暂时变量 tmp 的值更新 $data[data[sm_index].next].next$ 。
 最后，用所述暂时变量 tmp 的值更新 sm_index ，进入所述判断处理205。在所述判断处理209中，在 $data[sm_index].St_bd > data[data[data[sm_index].next].next].St_bd$ 不成立的情况下，进入到处理215。在处理215中，为了在最小的 Tff 和第二大的 Tff 的中心取得新数据，将 Tff 设为从第二大的 Tff 减去 div_Tff 后的值。具体地说，用 $data[data[sm_index].next].Tff - div_Tff$ 更新当前前馈时间常数 Tff ，进入到处理216。在处理216，实施所述的图10的极限前馈增益 Kff_bd 搜索流程，进入到处理217。在处理217中，为了由处理216取得的新数据改写更新保存了与当前最大的 Tff 相关的数据后的排列要素，将当前的前馈时间常数 Tff 保存在 $data[data[data[sm_index].next].next].Tff$ 。而且，将当前的 Tff 中极限前馈增益 Kff_bd 保存在 $data[data[data[sm_index].next].next].Kff_bd$ 。而且，将对于当前的 Tff 和 Kff_bd 中的优先位置指令模式的整定时间 St_bd 保存在 $data[data[data[sm_index].next].next].Kff_bd$ 。进而，修正下一个数据指示索引 $next$ 的混乱，该下一个数据指示索引 $next$ 为由今后的第二大的 Tff 相关数据的新数据更新保存有与至今最大的 Tff 相关的数据的排列要素的数据指示索引。具体地说，将 $data[sm_index].next$ 的值暂时存在变量 tmp 之后，用 $data[data[sm_index].next].next$ 更新 $data[sm_index].next$ 。另外，用 $data[data[data[sm_index].next].next].next$ 更新 $data[data[sm_index].next].next$ 。并且用所述暂时变量 tmp 的值更新 $data[data[data[sm_index].next].next].next$ ，进入所述判断处理205。在所述判断处理208中，在 $div_Tff \cong dmin_Tff$ 不成立时，进入处理210。在处理210中，在最佳前馈时间常数 Tff_opt 中设置作为第二大 Tff 的 $data[data[sm_i$

$data[sm_index].next].Tff$ 。而且,在最佳前馈增益 Kff_opt 设置作为第二大的 Tff 中的极限前馈增益 Kff_bd 的 $data[data[sm_index].next].Kff_bd$,进入到结束状态211。另一方面,在所述判断处理205中,判断对于优先位置指令模式的整定时间 St_bd 关于前馈时间常数 Tff 是否向下凸。这里,如果 $data[sm_index].St_bd < data[data[sm_index].next].St_bd < data[data[data[sm_index].next].next].St_bd$ 则判断为单调增加,进入到处理219。在处理219中,因为单调增加,所以期待 St_bd 的减少,在最小 Tff 数据的延长上取得新数据。具体地说,用 $data[sm_index].Tff - div_Tff$ 更新当前的前馈时间常数 Tff ,进入到处理220。在处理220中,实施所述的图10的极限前馈增益 Kff_bd 搜索流程,进入到处理221。在处理221中,用在所述处理220所取得的新数据改写更新保存了与当前最大的 Tff 相关的数据的排列要素。因此,当前的前馈时间常数 Tff 保存在 $data[data[data[sm_index].next].next].Tff$ 。而且将当前的 Tff 中极限前馈增益 Kff_bd 保存在 $data[data[sm_index].next].next].Kff_bd$ 。另外,将对于当前的 Tff 和 Kff_bd 中的优先位置指令模式的整定时间 St_bd 保存在 $data[data[data[sm_index].next].next].St_bd$ 。进一步,执行最小 Tff 数据指示索引 sm_index 的更新,该最小 Tff 数据指示索引为在保存着至今最大的 Tff 相关的数据的排列要素中改写更新与最小的 Tff 相关的数据的最小 Tff 数据指示索引。即,通过 $data[data[sm_index].next].next$ 的代入而执行,进入到所述判断处理205。在所述判断处理218中没有判断为单调增加时,认为单调减少,进入到处理222。在处理222中,因为是单调减少,期待 St_bd 的进一步减少,在最大 Tff 数据的延长上取得新数据。具体地说,用 $data[sm_index].Tff + 3 \times div_Tff$ 更新当前的前馈时间常数 Tff ,进入到处理223。在处理223中,实施所述的图10的极限前馈增益 Kff_bd 搜索流程,进入到处理224。在处理224中,用在所述处理223所取得新数据改写更新保存了与当前最小的 Tff

相关的数据的排列要素。因此，将当前的前馈时间常数 T_{ff} 保存在 $data[sm_index].T_{ff}$ ，将当前的 T_{ff} 中极限前馈增益 K_{ff_bd} 保存在 $data[sm_index].K_{ff_bd}$ 。另外，将对于当前的 T_{ff} 和 K_{ff_bd} 中的优先位置指令模式的整定时间 St_bd 保存在 $data[sm_index].St_bd$ 中。进一步，执行最小 T_{ff} 数据指示索引 sm_index 的更新，该最小 T_{ff} 数据指示索引为在保存着至今最小的 T_{ff} 相关的数据的排列要素中改写更新与最大的 T_{ff} 相关的数据的最小 T_{ff} 数据指示索引。即通过 $data[sm_index].next$ 的代入而执行，进入到所述判断处理205。

这样，对于预先登录的所有位置指令模式，将超调量抑制在规定（允许）值以内的同时，可以进行使指定的特定的位置指令模式的整定时间最小化的位置前馈控制参数的自动搜索。

另外，在处理203、处理214、处理217、处理221、处理224中，在 $data[]$. St_bd 中设置对于优先位置指令模式的整定时间 St_bd ，但是，也可以在评价的所有位置指令模式之内设置最长的整定时间。

接着，在图17、18中表示调整参数设定画面的实施例。

图17是在本发明的第1实施例的反馈控制参数自动调整时，用户输入调整条件的个人计算机的画面构成例。在图17中的各个输入项目与所述的各个调整参数对应，例如，290与最小位置响应频率 F_{p_min} 对应，291与最大位置响应频率 F_{p_max} 对应，292与位置响应频率增量步长 div_Fp 对应。另外，293与最小速度响应频率 F_{s_min} 对应，294与最大速度响应频率 F_{s_max} 对应，295与速度响应频率增量步长 div_Fs 对应，296与位置偏差 θ_e 的振动振幅允许值 θ_{vib} 对应，297与整定监视超时时间 $timeout$ 对应。另外，为了在用户侧能选择自动生成阶跃状的位置指令还是手动设定，设置排他选择检验框（box）298、299。这里，在选择298时，执行图2的流程所示的处理，自动设定位置指令模式。另一方面，在选择299时，由用户本人设定加减速时间300、移动距离301、最大速度302的各个项目，需要决定位置指令模式。

图18是在本发明的第2实施例中的位置前馈控制参数自动调整时，用户输入调整条件的个人计算机画面构成例。在图18中的各个输入项目，与

所述各个调整参数相对应，例如，311与前馈增益搜索最小步长 d_{min_Kff} 对应，312与前馈增益搜索最大步长 d_{max_Kff} 对应。另外，314与前馈时间常数初始值 T_{ff_ini} 对应，316与相同的时间常数搜索最小步长 d_{min_Tff} 对应，317与同样的时间常数搜索最大步长 d_{max_Tff} 对应，318与整定监视超时时间 $timeout$ 对应。

另外，320到324分别为位置指令模式1到位置指令模式5的调整条件设定画面，可以通过鼠标点击用320到324编号表示的模式名称的标记部分而展开该模式的设定画面。另外，图18中，是位置指令模式1的设定画面展开后的状态，但其他的位置指令模式的设定画面也是同样构成。因而，在300中设定该位置指令模式中的加减速时间，在301中设定该位置指令模式的移动距离，在302中设定该位置指令模式中的最大速度，决定该位置指令模式。另外，325与该位置指令模式中的超调量的允许值相对应，326与该位置指令模式中的整定判断用偏差 $posin_pls$ 相对应。校验框327用于设定是否使用该位置指令模式的调整。另外，为了设置有无位置前馈时间常数调整的实施，设置选择项目313。313的选择项目中，存在“调整”和“不调整”，选择“不调整”时，执行图10的流程，对于当前的位置前馈时间常数，只调整位置前馈增益。另一方面，在选择“调整”时，执行图12~14的流程，对位置前馈增益/时间常数双方进行调整。另外，为了指定将整定时间最小化的最优先位置指令模式，设定选择项目319。在313的选择项目中，可以从用所述检验框327附加校验的位置指令模式和“整定时间最大模式”当中选择一个。

图19是可以采用第1实施例、第2实施例中通用的本发明的电动机控制装置的整体系统构成图。在图19中，341是滚珠丝杠(ball screw)单元，342是电动机，343是电动机343的位置检测器，345是搭载负载344的滑动器(silder)，339是伺服放大器，346是将电动机342的位置检测信号传送到伺服放大器339的电缆。另外，347是自伺服放大器339供给电动机342驱动电力的电缆，349是对伺服放大器供给电源的电缆。352是在反馈控制参数和位置前馈控制参数的自动调整时，用户输入调整条件的个人计算机，353是用于将来自个人计算机352的调整条件传送到伺服放大器339的通信电缆。

接着,说明所述第1实施方式、第2实施方式的说明中所使用的图1、图8的符号和图19中符号之间的对应关系。电动机1与342对应,位置检测器5与343对应,负载2与344和345对应,驱动轴3与滚珠丝杠单元341内部的滚珠丝杠对应。另外,接下来的构成要素包含在伺服放大器339中。即电力变换器4、减法器6、位置控制器7、速度运算器8、减法器9、速度控制器10、电流检测器11、减法器12以及电流控制器13等通常的控制装置。另外,除根据本发明附加的反馈控制参数调整部14或17以外,位置前馈控制器5、加法器16等也都包含在伺服放大器339中。

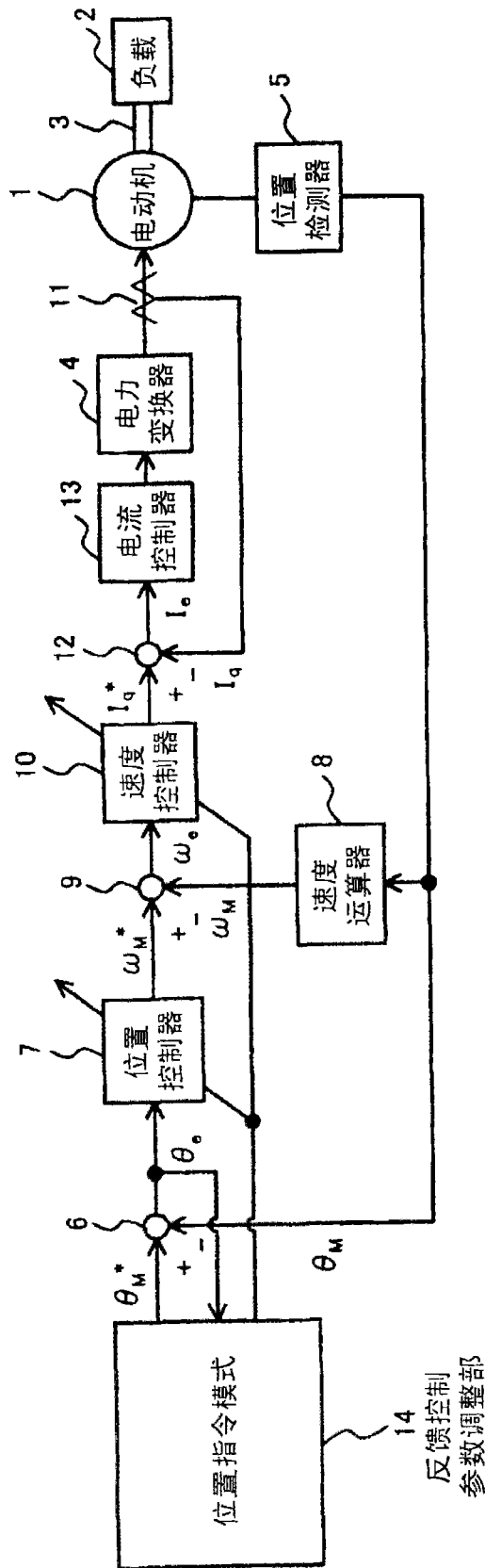


图 1

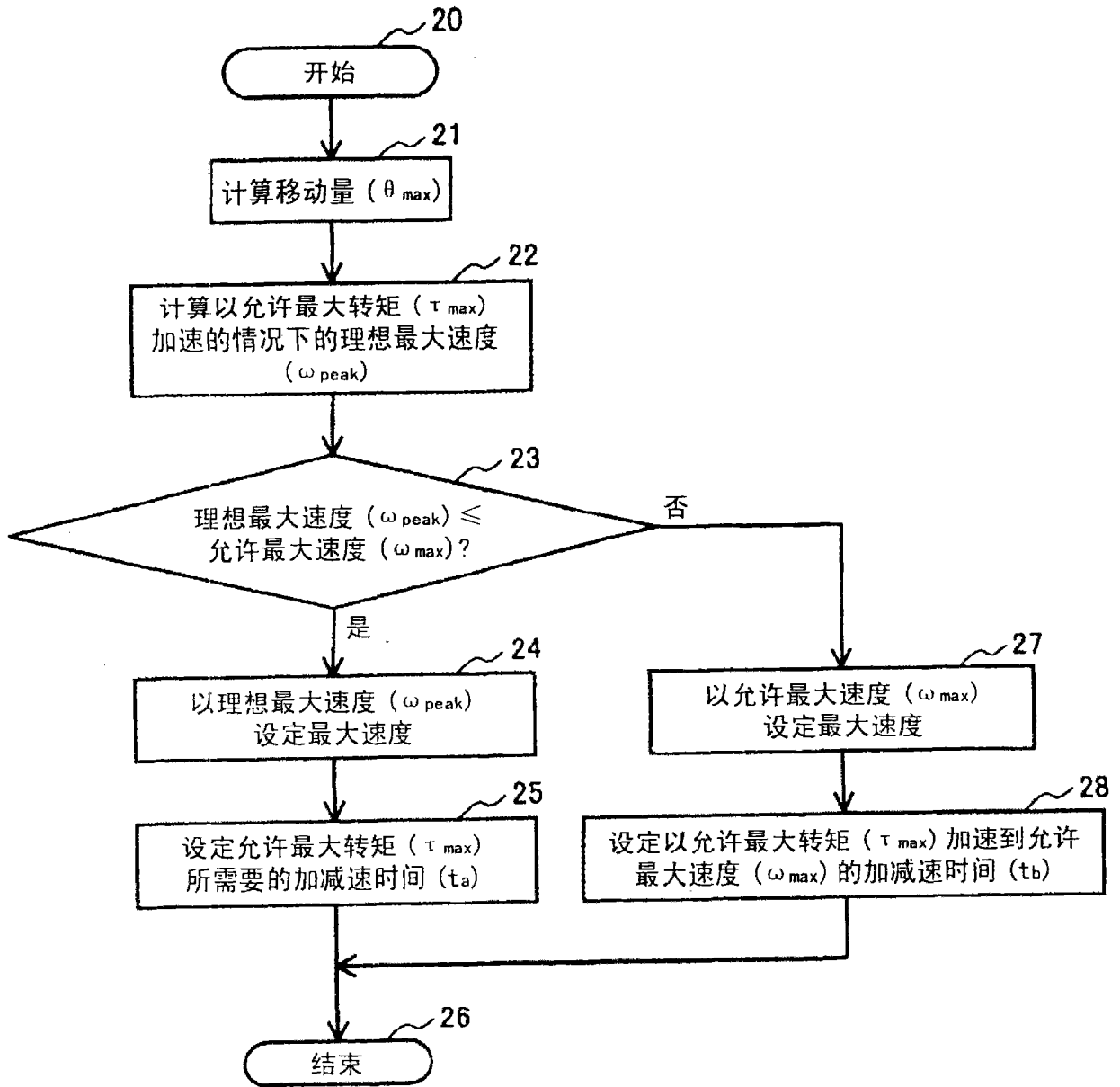


图 2

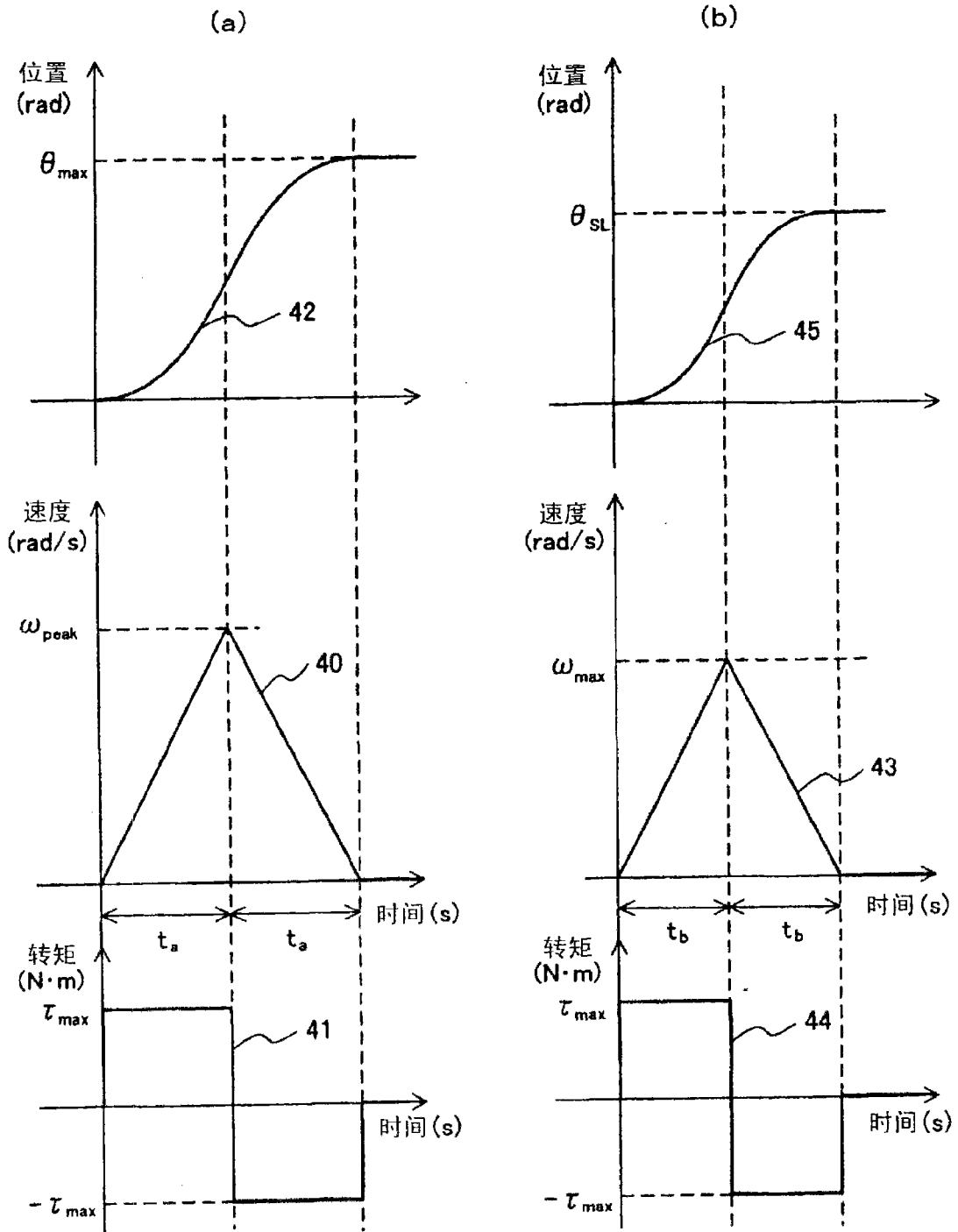


图 3

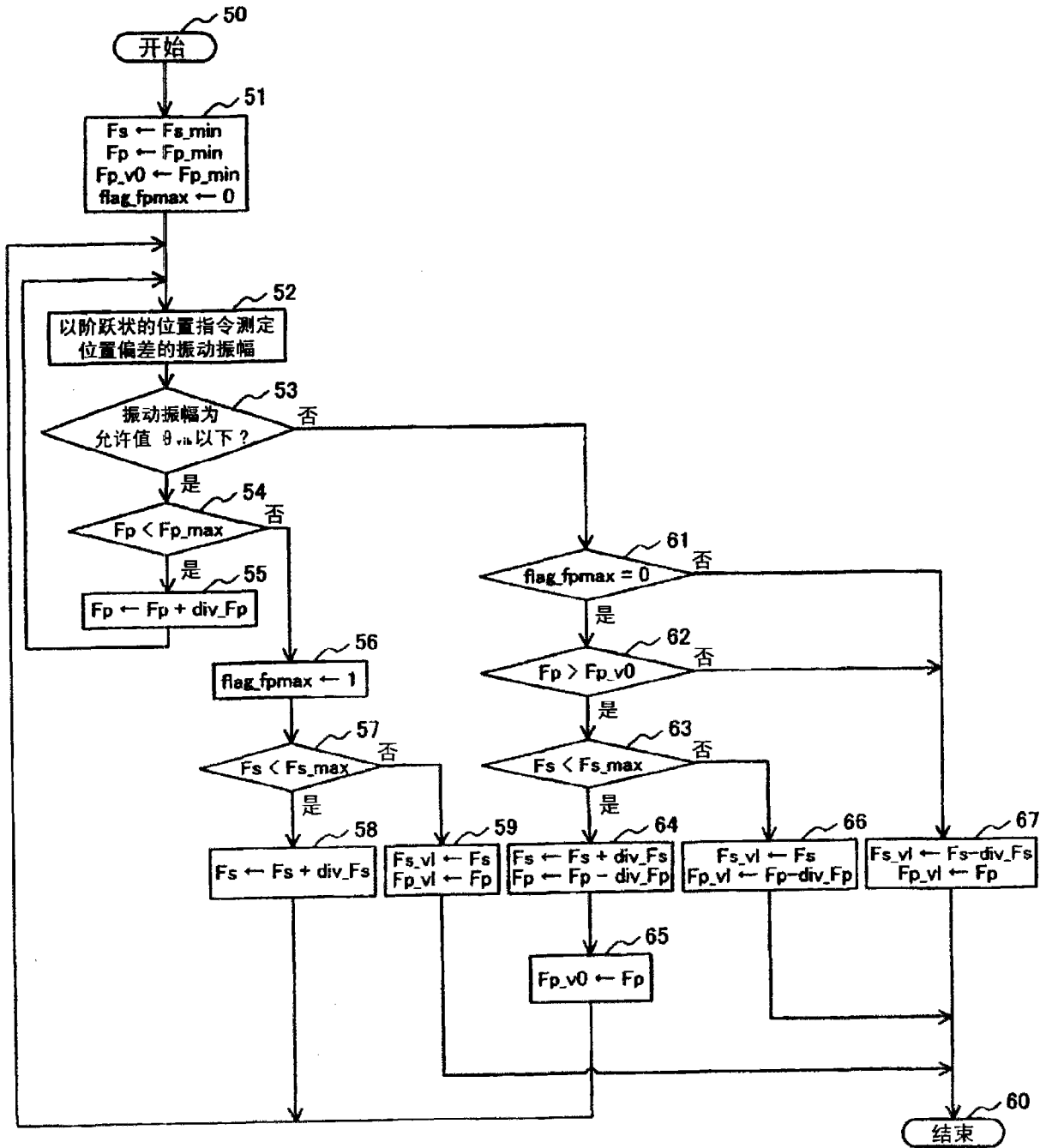


图 4

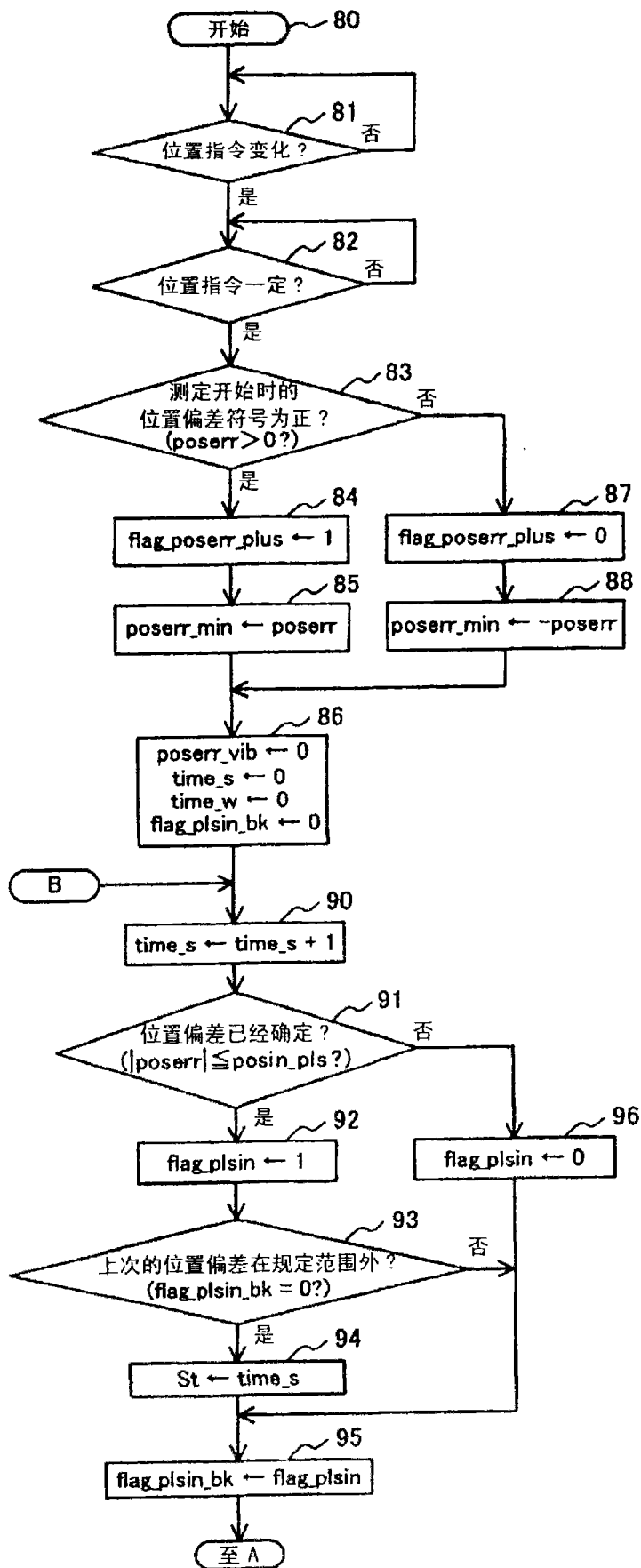


图 5

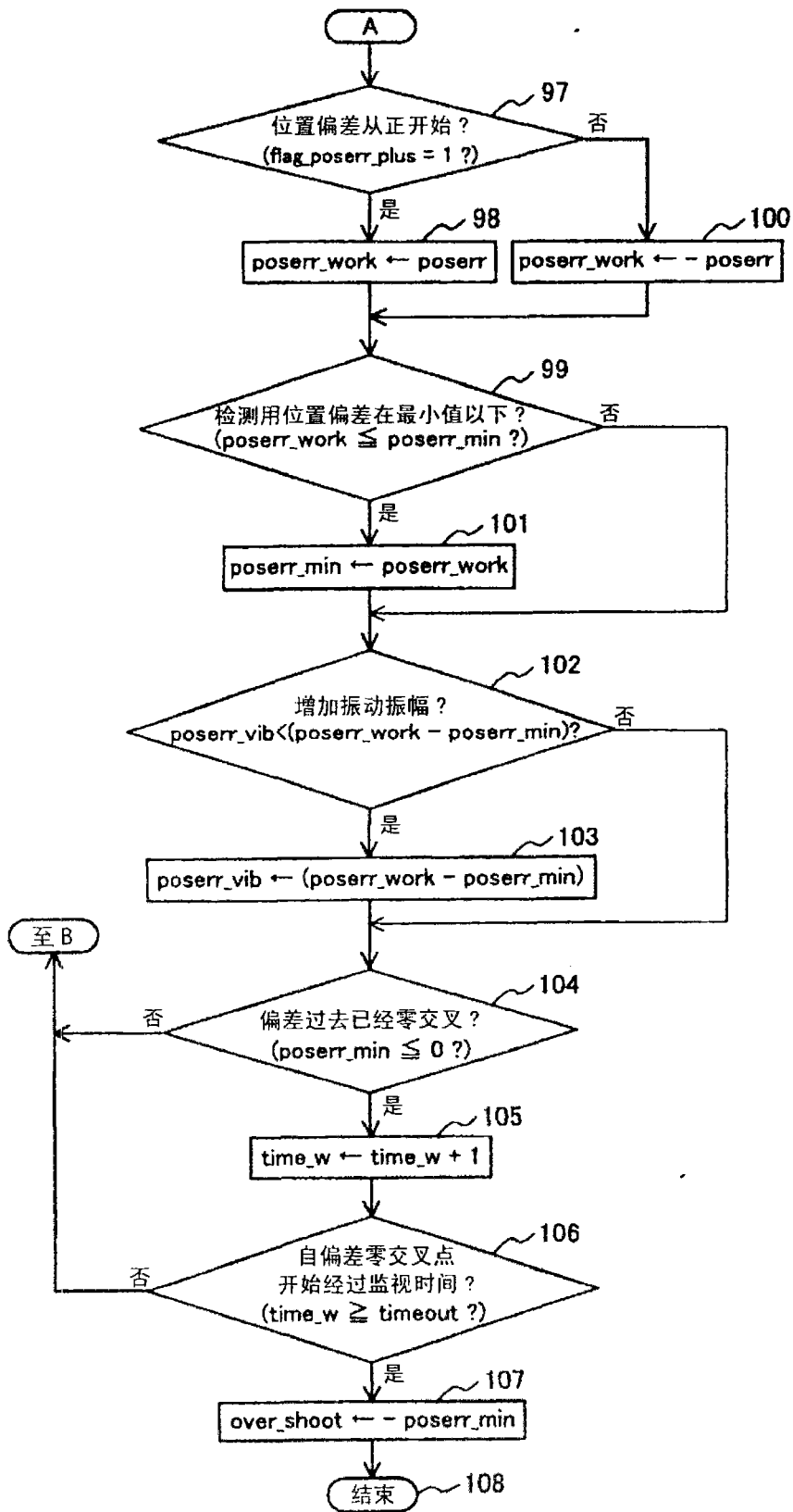


图 6

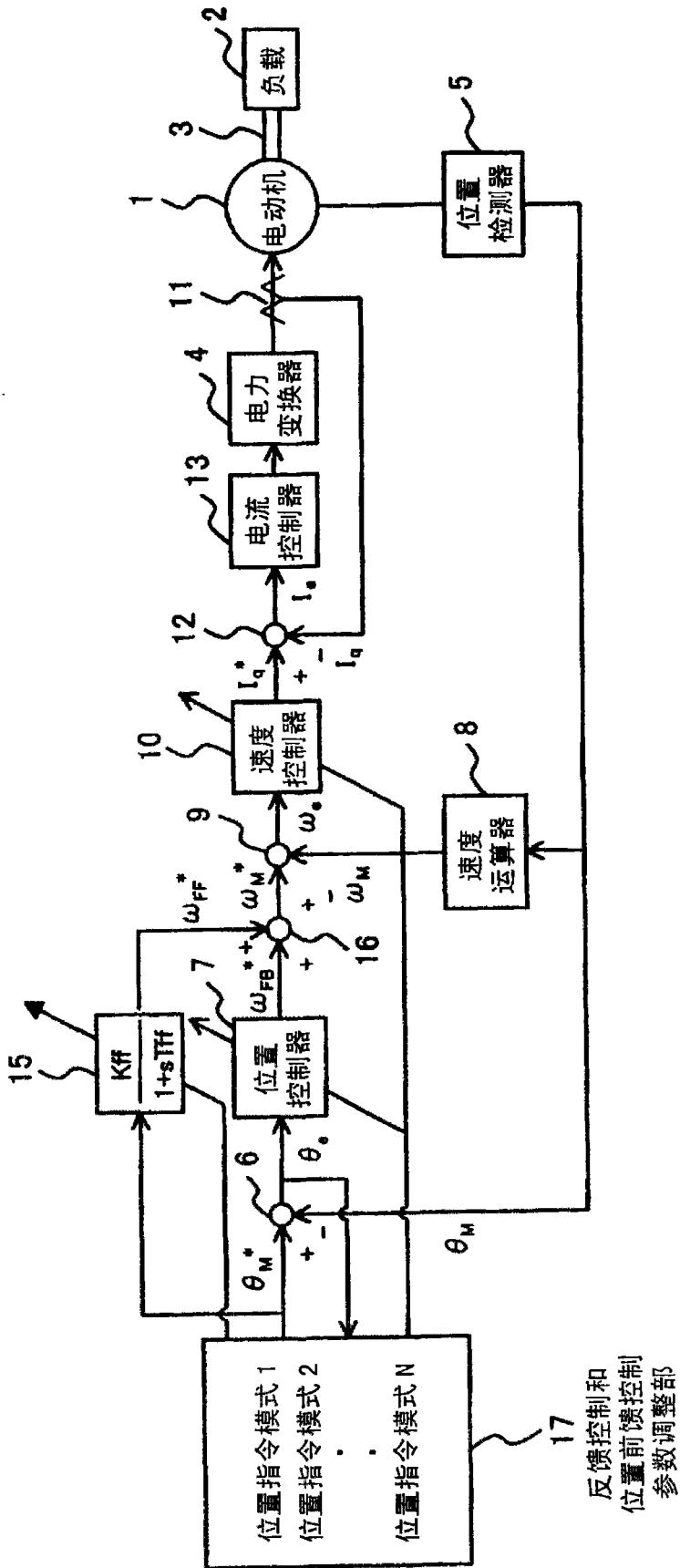
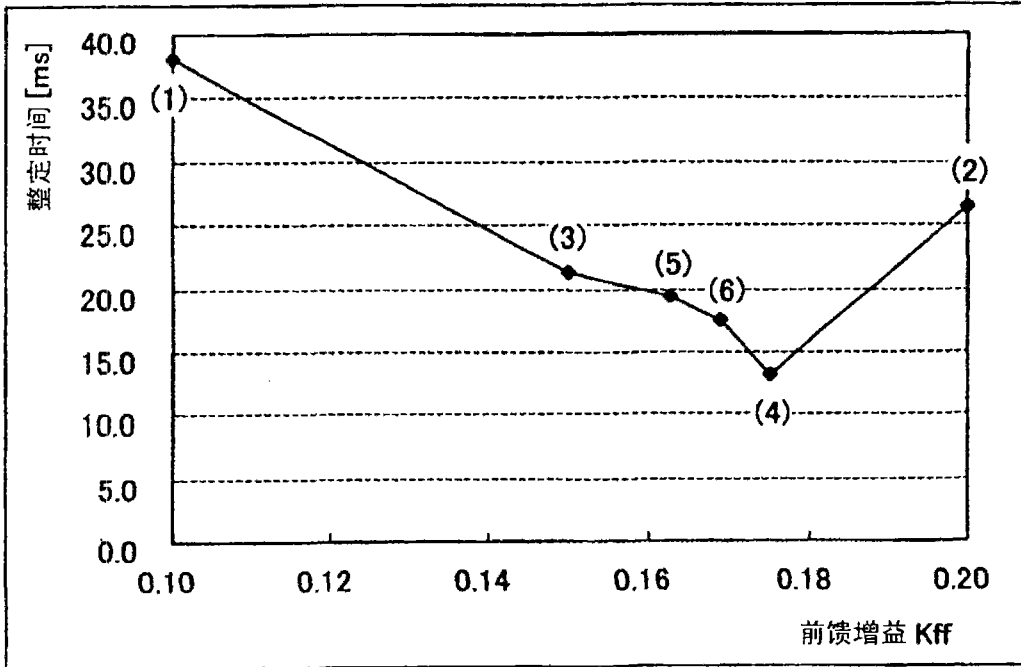


图 8

(a) 前馈增益和整定时间的关系



(b) 前馈增益和超调量的关系

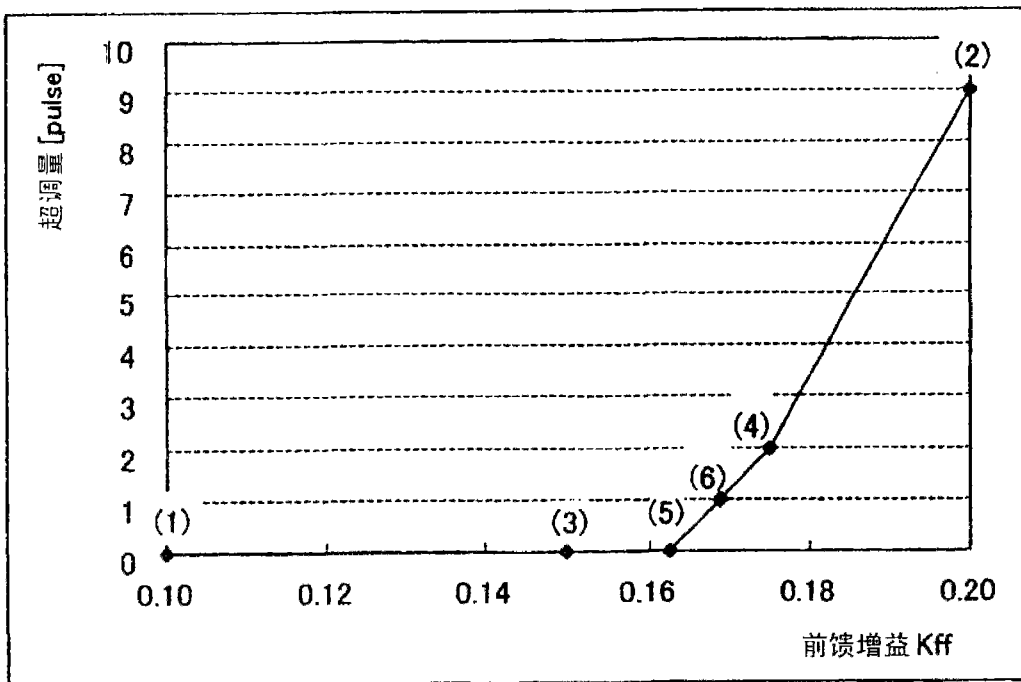


图 9

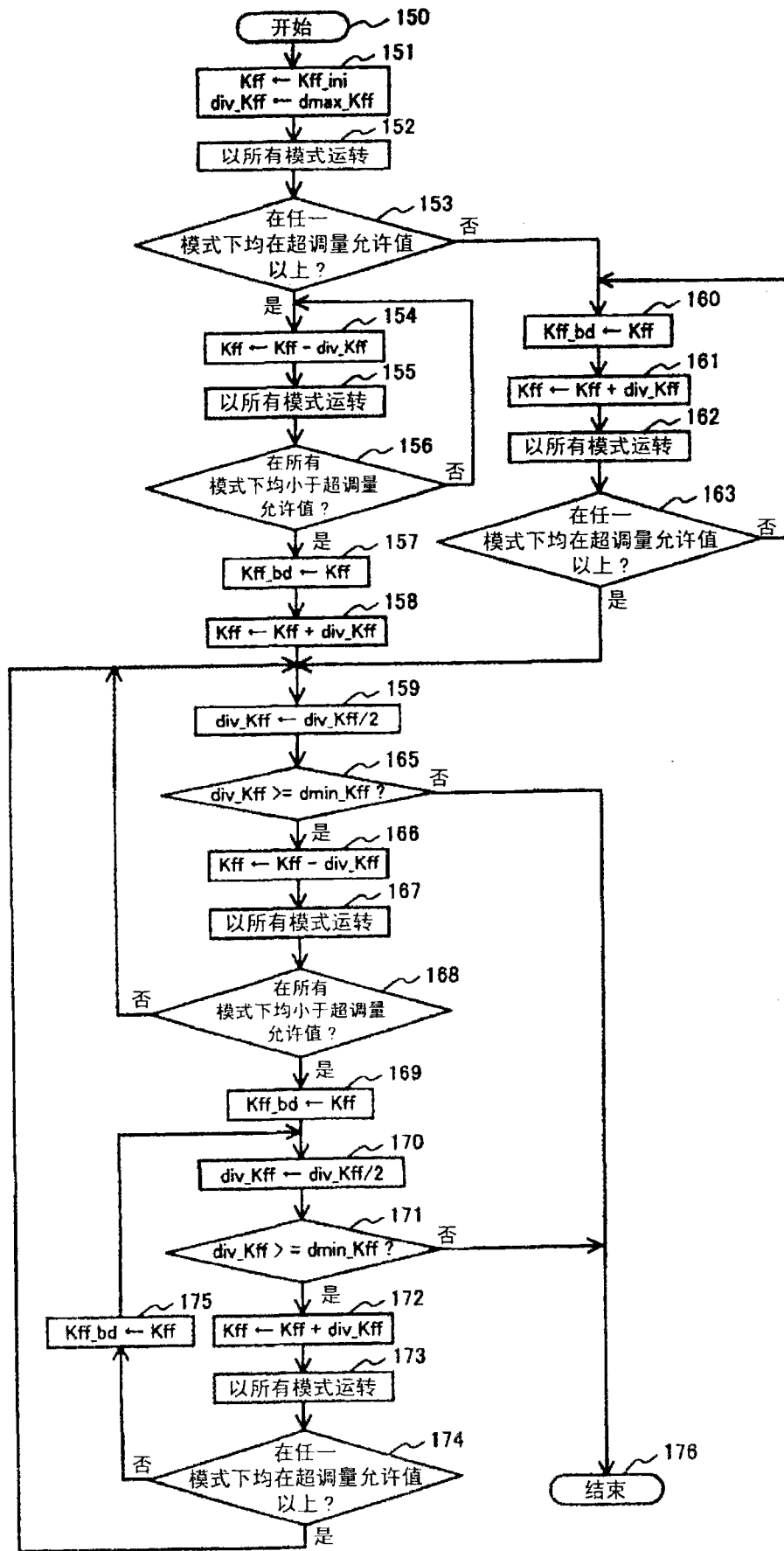
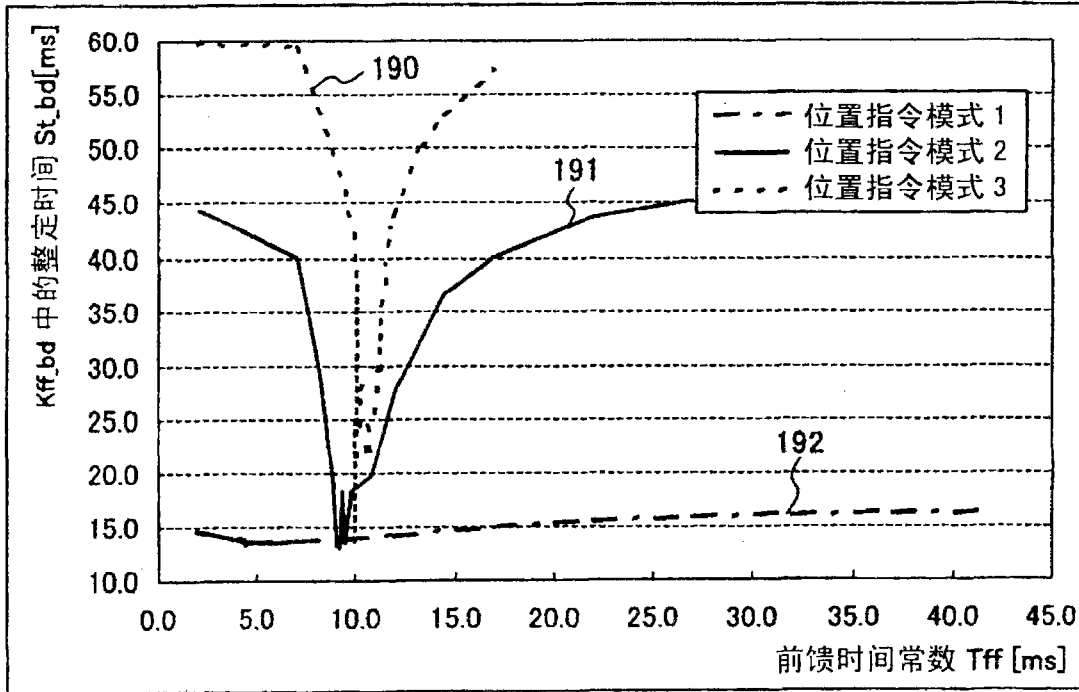


图 10

(a) 前馈时间常数和极限前馈增益中的整定时间的关系



(b) 前馈时间常数和极限前馈增益的关系

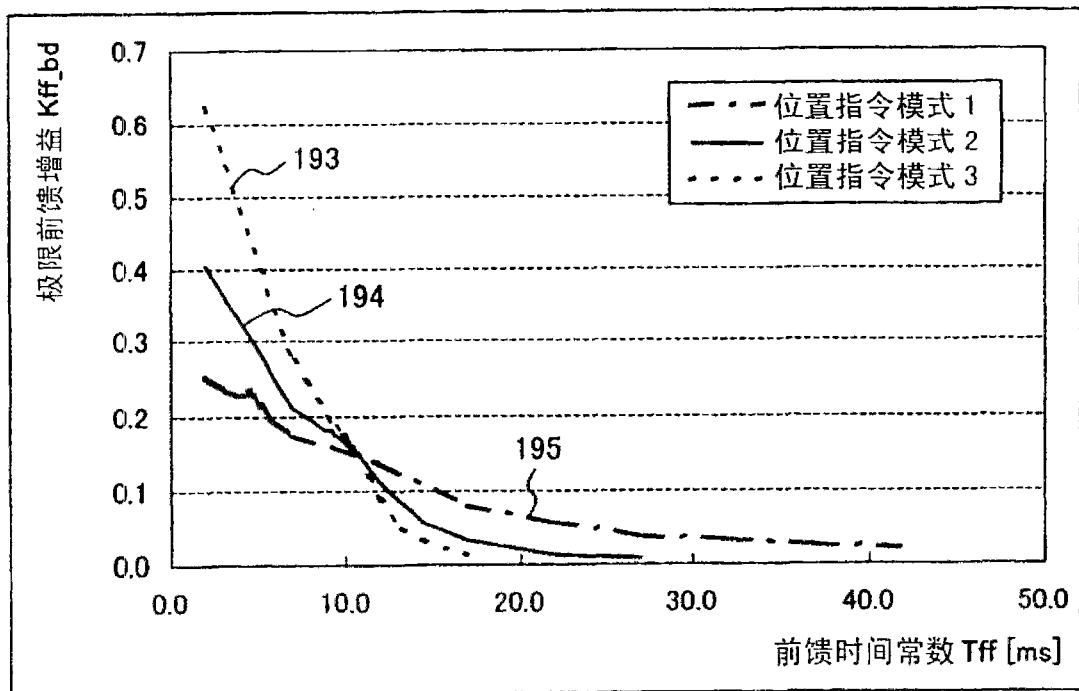


图 11

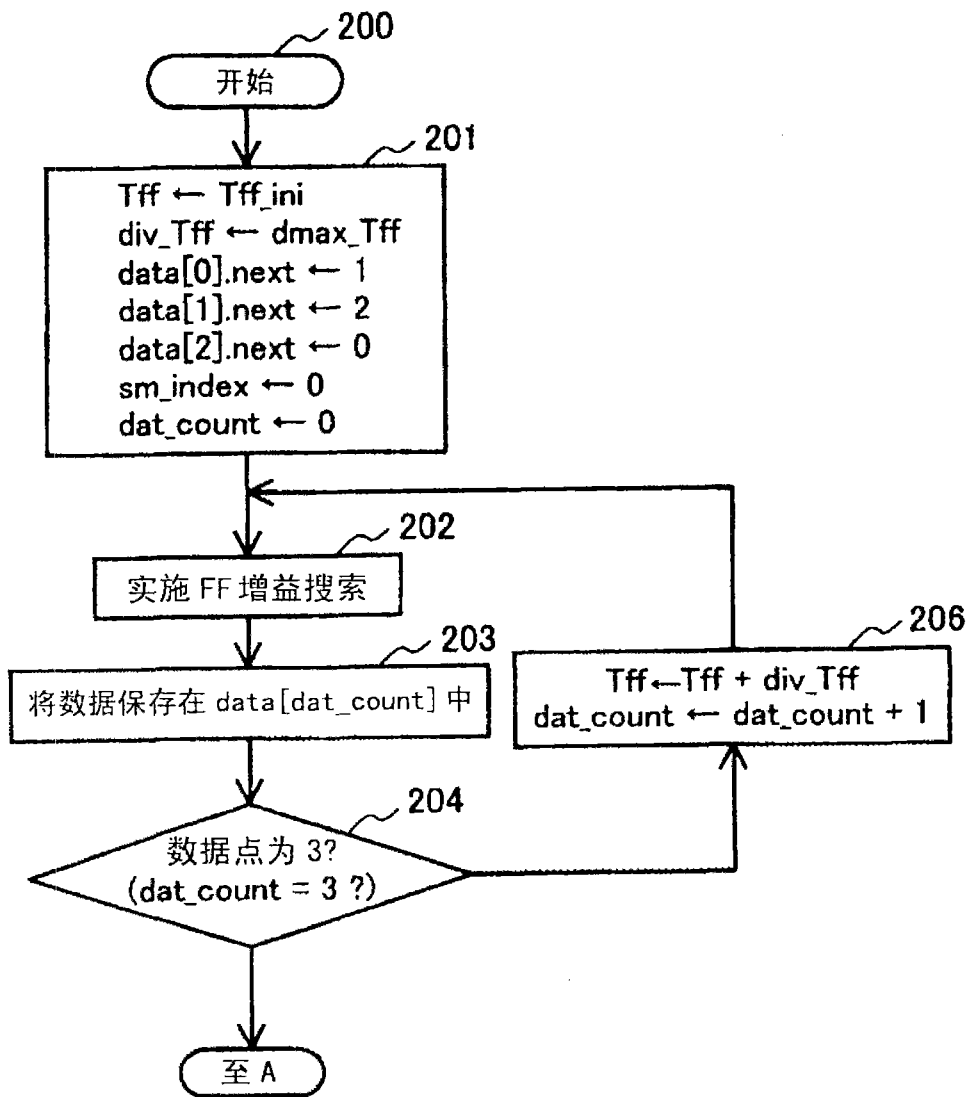


图 12

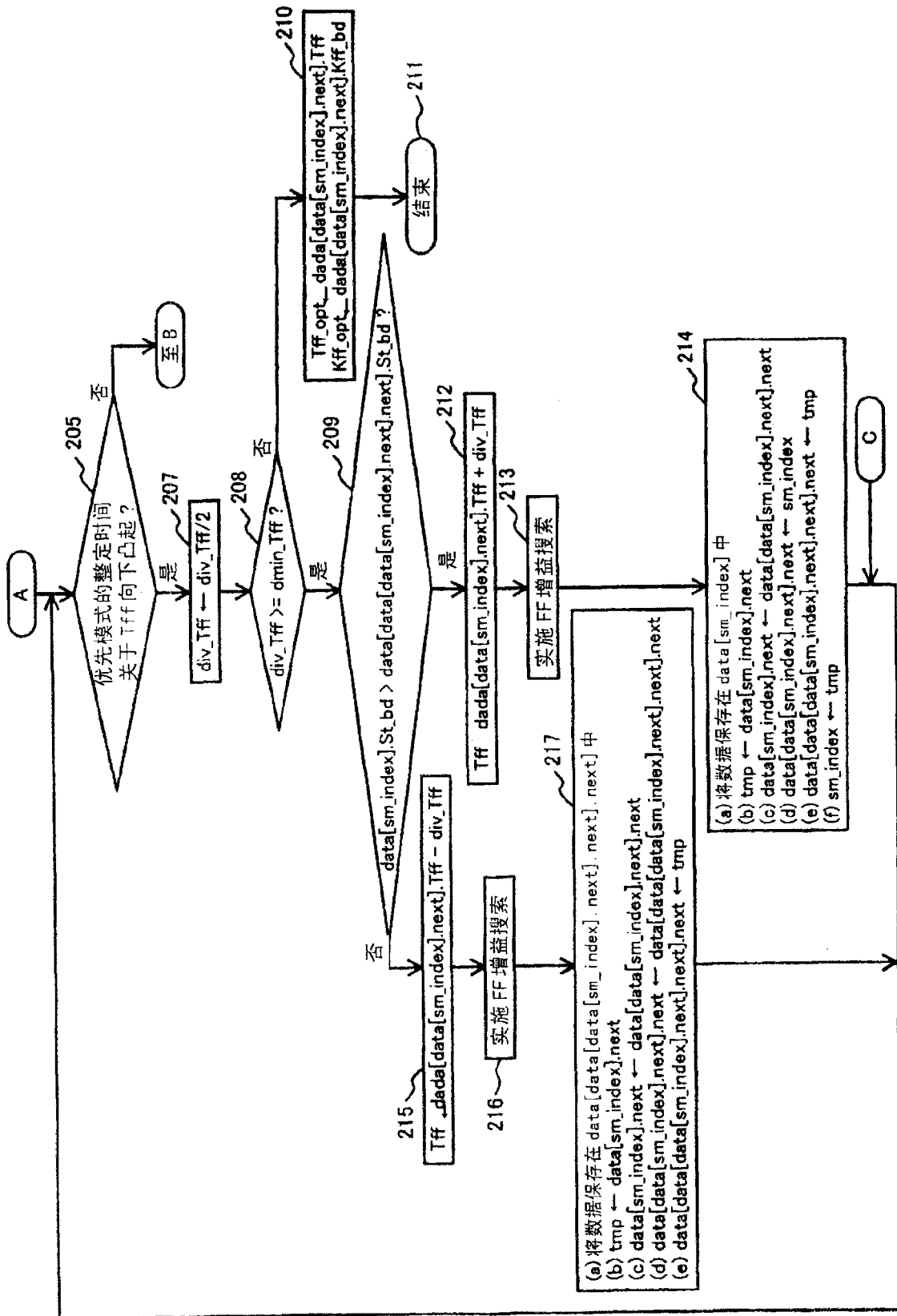


图 13

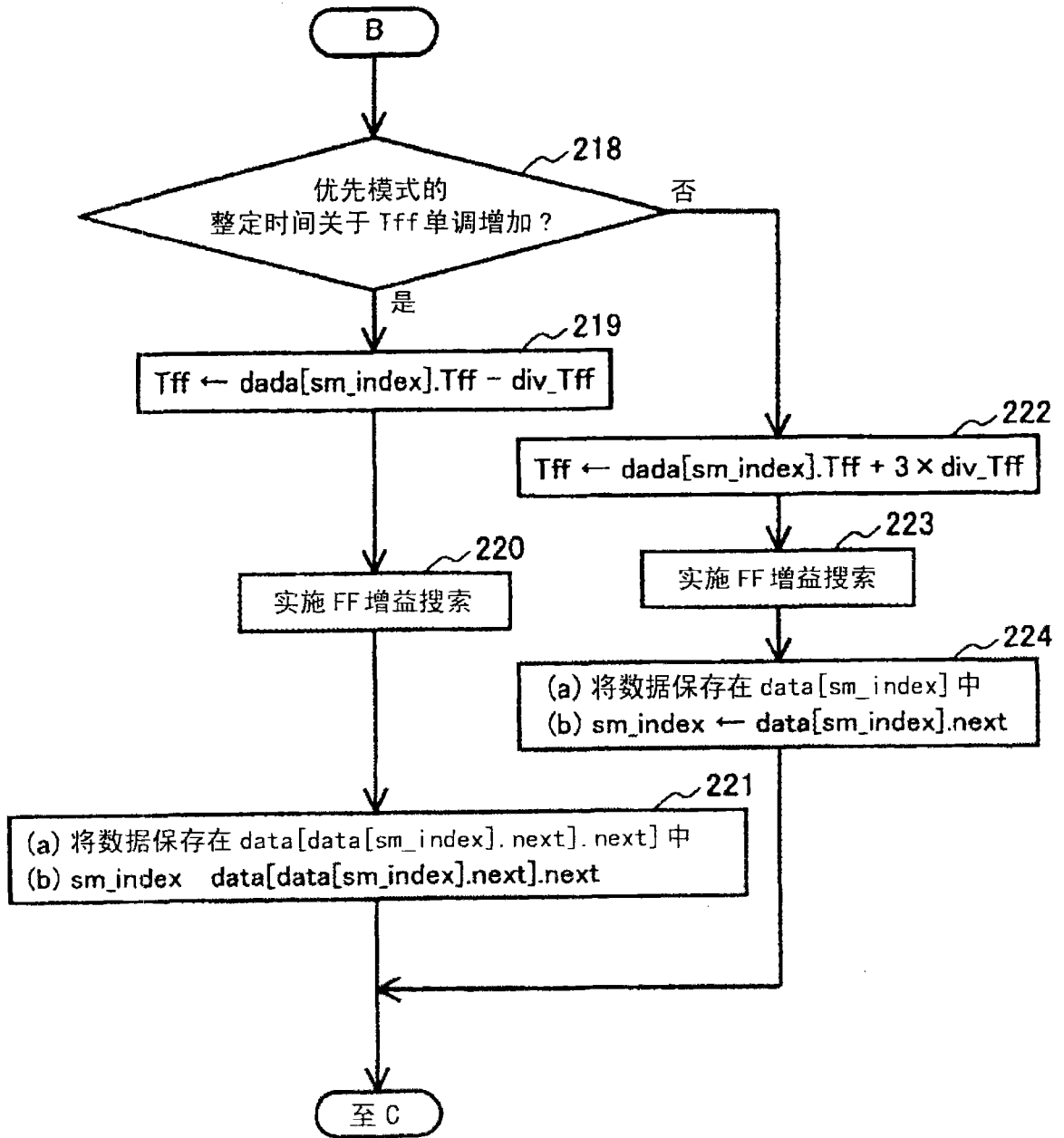


图 14

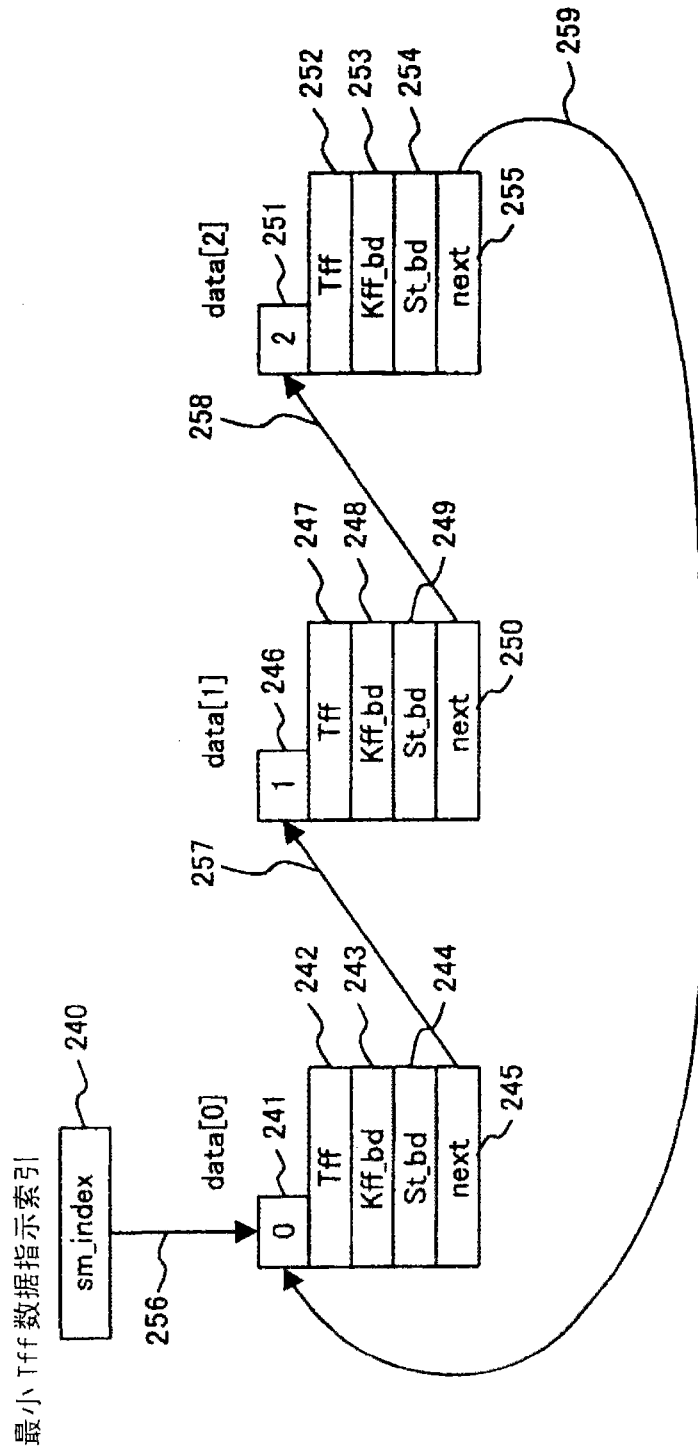


图 15

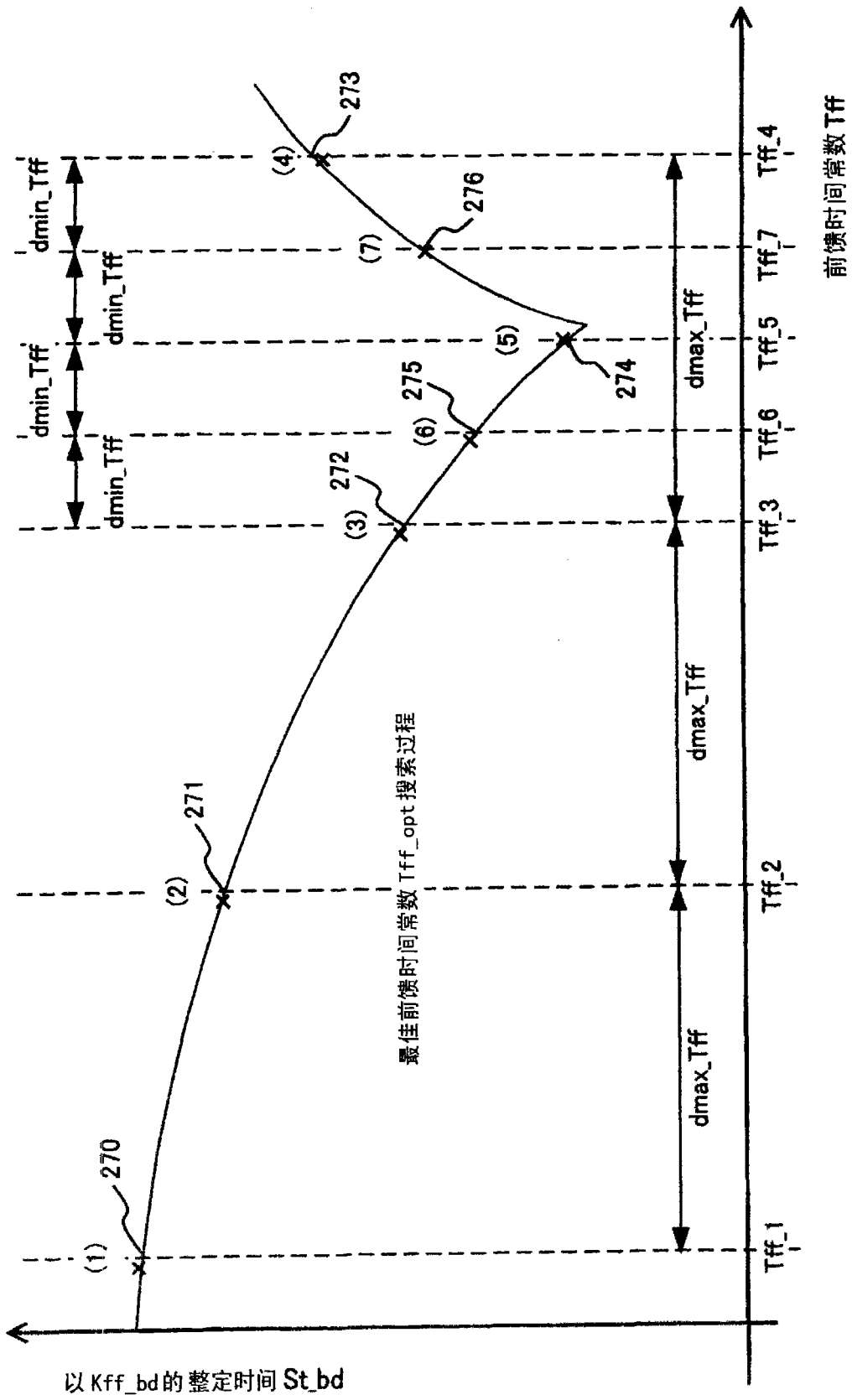


图 16

位置 / 速度控制响应调整设定画面

| | | | | |
|----------|------------------------------------|----------|------------------------------------|------|
| 位置控制响应频率 | <input type="text" value="10.00"/> | 290 | <input type="text" value="99.99"/> | (Hz) |
| 调整步长 | <input type="text" value="2.5"/> | 292 (Hz) | 291 | |

| | | | | |
|----------|-----------------------------------|----------|------------------------------------|------|
| 速度控制响应频率 | <input type="text" value="20.0"/> | 293 | <input type="text" value="500.0"/> | (Hz) |
| 调整步长 | <input type="text" value="50"/> | 295 (Hz) | 294 | |

| | | | | |
|---------|--------------------------------|------------------------------------|-----|--|
| 振动振幅允许值 | <input type="text" value="3"/> | (脉冲) | 296 | |
| 整定监视时间 | 297 | <input type="text" value="0.050"/> | (s) | |

运转模式

| | | |
|------|-------------------------------------|-----|
| 自动设定 | <input type="checkbox"/> | 298 |
| 手动设定 | <input checked="" type="checkbox"/> | 299 |

最大速度 (min-1) 302

移动距离 (脉冲) 301

加减速时间 (ms) 300

取消

决定

图 17

前馈参数调整设定画面

位置前馈增益

调整步长 ³¹¹ ~ ³¹²

位置前馈增益时间常数 ³¹³

初始值 ³¹⁴ (ms)

调整步长 ³¹⁶ ~ ³¹⁷ (ms)

整定监视时间 ³¹⁸ (s)

最优先模式 ³¹⁹

模式 1 模式 2 模式 3 模式 4 模式 5

320

运转模式

加减速时间 ³⁰⁰ (ms)

允许超调量 ³²⁵ (脉冲)

定位宽度 ³²⁶ (脉冲)

模式有效 ³²⁷

移动距离 ³⁰¹ (脉冲)

最大速度 ³⁰² (min⁻¹)

321 322 323 324

取消 决定

图 18

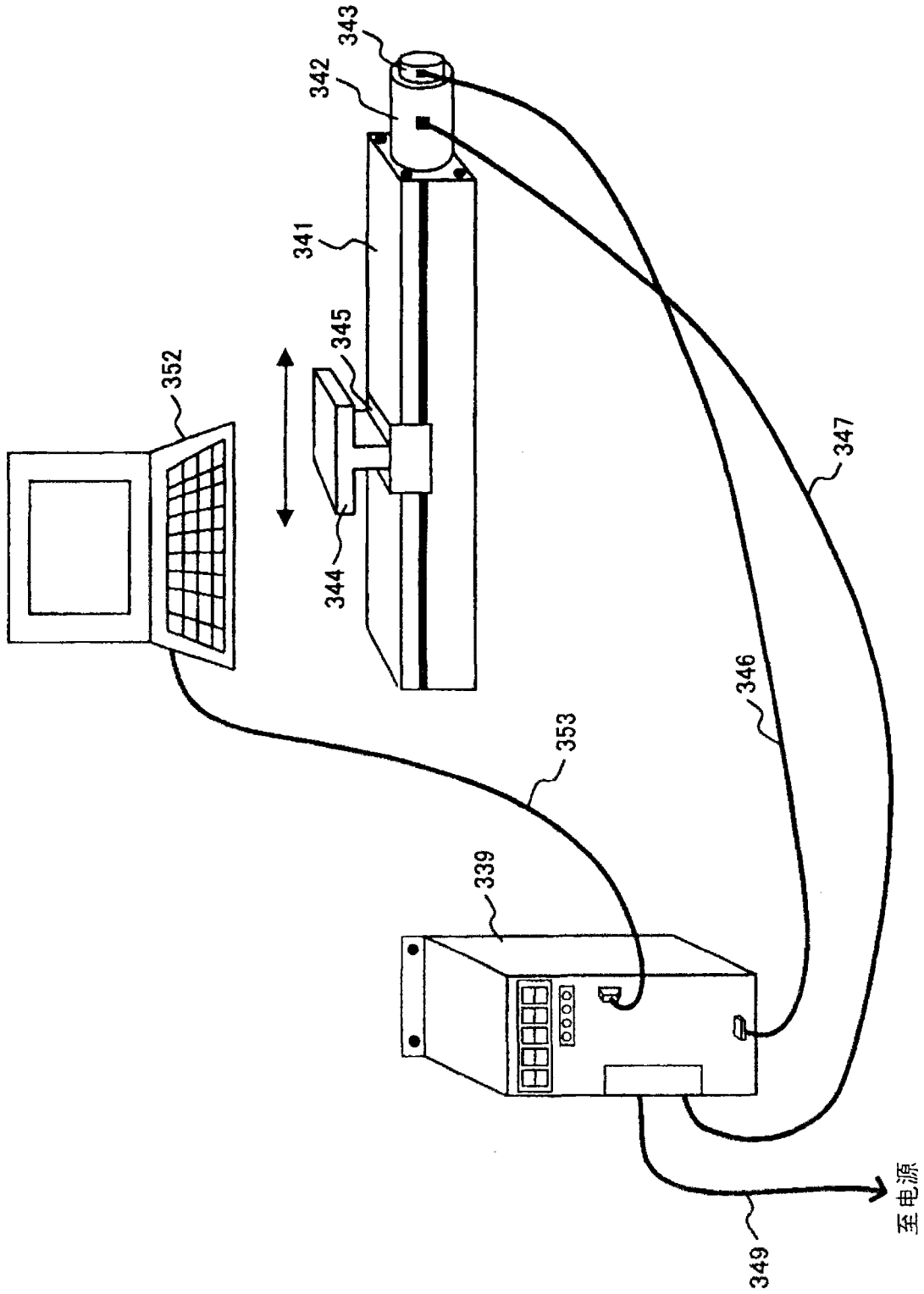


图 19