

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

F01L 9/04 (2006.01)

F02D 13/02 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 01143790.1

[45] 授权公告日 2006 年 9 月 6 日

[11] 授权公告号 CN 1273721C

[22] 申请日 2001.12.21 [21] 申请号 01143790.1

[30] 优先权

[32] 2000.12.21 [33] JP [31] 388740/00

[71] 专利权人 丰田自动车株式会社

地址 日本爱知县

[72] 发明人 不破捻夫

审查员 柳兴坤

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

代理人 吴增勇 傅康

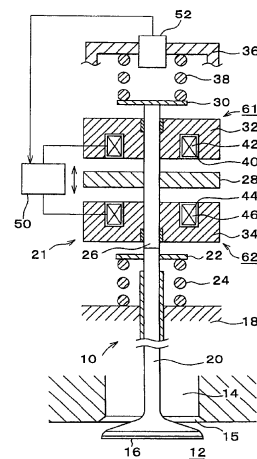
权利要求书 4 页 说明书 17 页 附图 8 页

[54] 发明名称

发动机阀驱动控制装置和方法

[57] 摘要

一种驱动控制装置和控制方法，用于利用电磁体(61, 62)产生的电磁力控制内燃机的发动机阀(10)的驱动。估计施加于发动机阀的外力的值，并设置考虑到外力的估计值的目标操作状态。然后，根据发动机阀的实际操作状态和目标操作状态控制施加于电磁体的电流，使得实际操作状态大体上符合目标操作状态。



1. 一种利用由两个电磁体（61，62）产生的电磁力控制内燃机的发动机阀（10）的驱动的驱动控制装置，它包括：

5 估计装置，用于估计施加于所述发动机阀的外力的值；

 设置装置，用于设置考虑到外力的估计值的所述发动机阀的目标位移；以及

 控制装置，用于根据所述发动机阀的实际位移和所述目标位移控制施加于所述两个电磁体的电流，使得所述实际位移大体上符合
10 所述设置装置设置的所述目标位移。

 2. 权利要求1的驱动控制装置，其特征在于：所述控制装置计算具有随所述实际位移与所述目标位移的偏差而变的电流值的反馈电流，并根据计算的所述反馈电流控制施加于所述两个电磁体的电流。

15 3. 权利要求2的驱动控制装置，其特征在于：所述控制装置设置计算所述反馈电流时使用的反馈增益，使得所述反馈增益随着所述发动机阀和所述两个电磁体中选择的一个电磁体之间气隙的增加而增加。

 4. 权利要求2或3的驱动控制装置，其特征在于：所述控制装置
20 设置具有加到所述反馈电流的电流值的前馈电流，以便使所述实际位移大体上等于所述目标位移，并根据所述前馈电流和所述反馈电流控制施加于所述两个电磁体的电流。

 5. 权利要求4的驱动控制装置，其特征在于：随着作用于所述发动机阀阻止其运动的外力的增加，所述前馈电流的施加时间提前，
25 并且所述前馈电流的电流值增加。

 6. 权利要求1-3中任何一个的驱动控制装置，其特征在于：所述估计装置根据所述发动机阀的所述实际位移估计外力的值，所述实际位移是当两个电磁体保持在其中没有电流加到发动机阀上的非激

励状态时检测到的。

7. 权利要求6的驱动控制装置，其特征在于：所述估计装置根据所述发动机阀的所述实际位移估计外力的值，所述实际位移是在所述发动机阀从全闭位置和全开位置之一释放的时候开始的预定的时段内检测到的。

8. 权利要求1-3中任何一个的驱动控制装置，其特征在于：在所述发动机阀向选择的电磁体移动期间，当所述发动机阀与所述两个电磁体中选择的电磁体之间的气隙等于或小于预定值时，所述控制装置开始向所述两个电磁体施加电流。

9. 权利要求1-3中任何一个的驱动控制装置，其特征在于：所述控制装置控制施加于所述两个电磁体的电流，使得所述发动机阀从全闭位置和全开位置之一移动到其他位置所需的时间随着作用于所述发动机阀阻止其运动的外力的增加而增加。

10. 权利要求1-3中任何一个的驱动控制装置，其特征在于：所述设置装置存储有表示目标位移随时间变化的多个目标位移模式，并根据作用于所述发动机阀阻止其运动的外力选择其中一个模式，以便所述控制装置根据选择的目标位移模式控制施加于所述两个电磁体的电流。

11. 一种利用由两个电磁体（61，62）产生的电磁力控制内燃机的发动机阀（10）的驱动的方法，它包括以下步骤：

估计施加于所述发动机阀的外力的值；

设置考虑到所述外力的所述估计值的所述发动机阀的目标位移；以及

根据所述发动机阀的实际位移和所述目标位移控制施加于所述两个电磁体的电流，使得所述实际位移大体上符合所述目标位移。

12. 权利要求11的方法，其特征在于：计算其电流值随所述实际位移偏离所述目标位移的偏差而变的反馈电流，并根据计算的所述反馈电流控制施加于所述两个电磁体的电流。

13. 权利要求12的方法，其特征在于：确定计算所述反馈电流时使用的反馈增益，使得所述反馈增益随着所述发动机阀和所述两个电磁体中选择一个电磁体之间气隙的增加而增加。

5 14. 权利要求12或13的方法，其特征在于：设置其电流值加到所述反馈电流，以便使所述实际位移大体上等于所述目标位移的前馈电流，并根据所述前馈电流和所述反馈电流控制施加于所述两个电磁体的电流。

15 15. 权利要求14的方法，其特征在于：随着作用于所述发动机阀阻止其运动的外力的增加，所述前馈电流的施加时间提前，并且所述前馈电流的电流值增加。

16. 权利要求11-13中任何一个的方法，其特征在于：根据所述发动机阀的所述实际位移估计外力的值，所述实际位移是当所述两个电磁体保持在其中没有电流加到所述发动机阀上的非激励状态时检测到的。

15 17. 权利要求16的方法，其特征在于：根据所述发动机阀的所述实际位移估计所述外力的值，所述实际位移是在所述发动机阀从全闭位置和全开位置之一释放的时候开始的预定的时段内检测到的。

20 18. 权利要求11-13中任何一个的方法，其特征在于：在所述发动机阀向选择的电磁体移动期间，当所述发动机阀与所述两个电磁体中选择的电磁体之间的气隙等于或小于预定值时，开始向所述两个电磁体施加电流。

25 19. 权利要求11-13中任何一个的方法，其特征在于：控制施加于所述两个电磁体的电流，使得所述发动机阀从全闭位置和全开位置之一移动到其他位置所需的时间随着作用于所述发动机阀阻止其运动的外力的增加而增加。

20. 权利要求11-13中任何一个的方法，其特征在于：存储表示目标位移随时间变化的多个目标位移模式，并根据作用于所述发动

机阀阻止其运动的外力选择其中一个模式，以便根据所述选择的目標位移模式控制施加于所述两个电磁体的所述电流。

发动机阀驱动控制装置和方法

5 技术领域

本发明涉及发动机阀驱动控制装置和方法，用于根据电磁体产生的电磁力控制内燃机的发动机阀的驱动。

背景技术

10 已知用于驱动发动机阀、例如用于驱动利用电磁体的电磁力的内燃机的进气阀和排气阀的阀门驱动装置。希望这种类型的阀门驱动装置在驱动发动机阀时确保高操作稳定性。此外，希望将用于驱动发动机阀的电功率最小化，并且当发动机阀达到它的冲程的相对端（或一段它的位移）中的任一端时、即全闭位置或全开位置时，
15 抑制噪音的发生。

在日本专利公开公报No.9 217859公开的已知的装置中，探测发动机阀的实际操作状态，并这样控制由选定的一个电磁体产生的电磁力、使得实际操作状态符合阀门的目标操作状态。用这样的模式，把电磁体的电磁力控制在满足如上所述的各种要求的值。

20 当控制由电磁体产生的电磁力时，上述公报公开的装置运行以便确定，例如，发动机阀的实际位移和它们的目标位移之间的位移偏差，并将控制电流施加到选定的电磁体上以便产生的电磁力具有适合于使发动机阀的实际位移等于它们的目标位移的值。如果位移偏差大，则例如增加施加于电磁体的激励电流、以便发动机阀利用
25 相应地增加的电磁力开启或关闭。

但是，应当注意，发动机阀受到根据发动机的对应的燃烧室内的内部压力、进气压力或排气压力等等产生的外力。如果外力和目标操作状态如目标位移之间的关系不适当，即如果目标位移没有考

虑外力的当前值而确定，则施加于电磁体的激励电流可能过度地增加，导致电力消耗增大或当开启或闭合发动机阀时发出噪音。在其它情况下，用于驱动发动机阀的电磁力可能达不到用于驱动发动机阀需用的力，导致发动机阀操作稳定性降低。

- 5 如果这样设置相对于时间的目标位移模式、以便在施加于发动机阀的外力相对小的状态下满足上述各种要求，那么，由于发动机阀的位移速度(传动速度)随外力增大而减小，所以当施加于发动机阀的外力相对大时，实际位移不跟随目标位移模式。在这种情况下，过大的电流可能施加于选定的电磁体，导致功率消耗增加和发生开
- 10 启和关闭阀门的噪音。如果这样设置相对于时间的目标位移模式、以便在施加于发动机阀的外力相对大的状态下满足上述各种要求，那么，相反，当施加于发动机阀的外力相对小时，发动机阀的位移速度是增加的，因此施加于电磁体的激励电流减小以便减小或限制发动机阀的位移。结果，由电磁体产生的电磁力可能达不到用于驱
- 15 动发动机阀需用的力，导致发动机阀操作稳定性的恶化。

发明内容

- 因此本发明的第一个目的是提供一种控制装置，用于控制发动机阀的驱动，该装置允许发动机阀以足够高的操作稳定性操作，与
- 20 施加于发动机阀的外力无关，同时避免增大驱动阀门所消耗的电功率和/或当开启和关闭阀门时出现噪音。

- 为了达到上述和/或其他目的，根据本发明的一个方面提供了用于利用由两个电磁体产生的电磁力控制内燃机的发动机阀的驱动的驱动控制装置。装置的控制装置估计施加于发动机阀的外力的值，并
- 25 设置考虑到外力的估计值的目标位移。然后，根据发动机阀的实际位移和目标位移控制施加于电磁体的电流，以使实际位移大体上符合目标位移。

 如上所述构造的驱动控制装置能根据施加于阀门的外力而适当

地设置发动机阀的目标位移，以便实现发动机阀所希望的开启或关闭动作。通过控制施加于选定的电磁体的电流以便使发动机阀实际位移符合目标位移，因此，该控制装置允许以随外力而变化的适当的电磁力驱动发动机阀。因此，发动机阀以足够高的操作稳定性操作，不受驱动发动机阀所需要的电磁力不足的损害。此外，防止发动机阀用过大的电磁力驱动，那将导致电力消耗增大和/或当开启和关闭阀门时出现噪音和振动。

这里，发动机阀的操作状态可以用发动机阀的驱动速度或位移表示。

在本发明的一个最佳实施例中，控制单元计算其电流值随实际位移偏离目标位移的偏差而变的反馈电流，并根据计算的反馈电流控制施加于电磁体的电流。

用上述配置，这样计算用来激发对选定的用于驱动发动机阀的电磁体的控制的反馈电流，使得发动机阀的实际位移大体上符合目标位移，所述目标位移是考虑到施加于发动机阀的外力而设置的。通过根据计算的反馈电流控制施加于选定的电磁体的电流，驱动控制装置能用对应于外力的适当控制的电磁力驱动发动机阀，从而抑制或避免将由过小或过大的电磁力所引起各种各样的问题。

在本发明的上述最佳实施例中，控制单元可以这样设置计算反馈电流时使用的反馈增益，使得反馈增益随着发动机阀和选定的电磁体之间气隙的增加而增加。

施加于发动机阀的电磁力随发动机阀和选定的电磁体之间的气隙的大小变化。即，假定相同的激励电流施加于该电磁体，作用于发动机阀的电磁力随气隙的增大而下降。在随着气隙增加而将反馈增益设置为较大值的上述配置中，电磁体能产生具有适合于气隙大小的值的电磁力，以便可以高度可靠地将发动机阀的实际位移在足够短小时内调节到目标位移。

在本发明的另一个最佳实施例中，控制单元设置其电流值加到

反馈电流上的前馈电流，以便使实际位移大体上等于目标位移，并根据前馈电流和反馈电流控制施加于两个电磁体的电流。

上述实施例中，在控制施加于选定的电磁体的电流期间执行根据前馈电流的前馈控制以及上述反馈控制，以便发动机阀的实际位移符合它们的目标位移。因此，可以实现施加于电磁体的电流的无时间延迟的控制。

在本发明的另一个最佳实施例中，估计单元根据发动机阀的实际位移估计外力的值，所述实际位移是当两个电磁体保持在其中没有电流加到发动机阀上的非激励状态时检测到的。

用上述配置，不必配置用于估计作用于发动机阀的外力的新的传感器。

附图说明

本发明的前述和/或其他特征、目的和优点将通过参考附图的以下描述变得清楚，其中同样的数字用于表示同样的元件，附图中：

图 1是图解说明排气阀的结构及其控制装置的视图；

图 2 是图解说明当排气阀开启时，图1的排气阀的目标位移和实际位移、反馈电流、前馈电流、以及命令电流随时间的变化的时序图；

图 3 是显示当排气阀开启时，排气阀的目标位移相对于经过的时间的变化的多个模式，其中各个模式对应于各个不同值的外力；

图 4 是显示前馈电流相对于经过的时间的变化的多个模式，其中各个模式对应于各个不同值的外力；

图 5 是图解说明当排气阀关闭时，图1的排气阀的目标位移和实际位移、反馈电流、前馈电流、以及命令电流随时间的变化的时序图；

图 6 是显示当排气阀关闭时, 排气阀的目标位移相对于经过的时间的变化的多个模式, 其中各个模式对应于各个不同值的外力;

图 7 是图解说明控制图 1 的排气阀的驱动的一部分控制例行程序的流程图;

5 图 8 是图解说明控制图 1 的排气阀的驱动的另一部分控制例行程序的流程图; 以及

图 9 是确定反馈增益时涉及的映射。

具体实施模式

10 以下将详细描述应用本发明, 控制内燃机的进气阀和排气阀的驱动的驱动控制装置的最佳实施例。

在本实施例中, 所有进气阀和排气阀构造成用施加在其上的电磁体的电磁力开启和关闭的电磁驱动阀门。进气阀和排气阀在结构上大体相同, 并且当它们驱动时以大体上相同的模式控制。因此在下文中, 将详细描述排气阀的结构与操作。

15 参考图 1, 排气阀 10 包括阀轴 20、配置在阀轴 20 的轴向相对的两端之一的阀体 16、以及用于在轴向反方向上驱动阀轴 20 的电磁驱动部分 21。阀轴 20 通过气缸盖 18 这样支撑、使得轴 20 可以通过电磁驱动部分 21 往复运动。气缸盖 18 具有与发动机的燃烧室 12 连通的排气口 14。阀座 15 靠近排气口 14 的开口而形成。随着阀轴 20 往复运动, 20 阀体 16 靠在或紧靠阀座 15 以便关闭排气口 14, 以及离开阀座 15 以便开启排气口 14。

下止动器 22 配置在阀轴 20 的远离阀体 16 的端部。下弹簧 24 设置在下止动器 22 和气缸盖 18 之间、处于压缩状态。借助下弹簧 24 的弹力在阀门闭合方向(即图 1 向上)推动阀体 16 和阀轴 20。

25 电磁驱动部分 21 具有电枢轴 26, 后者与阀轴 20 同轴配置。磁盘状的电枢 28 由高磁导率材料制成, 固定在电枢轴 26 的大体上中间的部分, 而上止动器 30 固定在电枢轴 26 的一端。电枢轴 26 的远离上止

动器30的另一端紧靠在装备有下止动器22的阀轴20的端部。

在电磁驱动部分 21 的外壳（未显示）内，上铁心 32 固定在上止动器 30 和电枢 28 之间，而下铁心 34 固定在电枢 28 和下止动器 22 之间。上铁心 32 和下铁心 34 由高磁导率材料构成，采取环形轧材。电枢轴 26 这样贯穿各个环形铁芯 32、34 的中央部、使得轴 26 可以相对于铁心 32、34 往复运动。

上弹簧38设置在上止动器30和配置于外壳的上盖36之间、处于压缩状态。上弹簧38的弹力向阀轴20的方向推动电枢轴26。随后，电枢轴26向阀门开启的方向推动阀轴20和阀体16（即图1向下）。

位移传感器52安装在上盖36上。位移传感器52输出根据位移传感器52和上止动器30之间距离变化的电压信号。因而可以根据位移传感器52的电压信号探测电枢轴26或阀轴20的位移，即排气阀10的位移。

其中心位于电枢轴26的轴上的环形槽40形成于上铁心32的面向电枢28的底面。上线圈42安装在环形槽40内。上线圈42和上铁心32构成电磁体61，用于向阀门闭合方向驱动排气阀10。

其中心位于电枢轴 26 的轴上的环形槽 44 形成于下铁心 34 的面向电枢 28 的顶面。下线圈 46 安装在环形槽 44 内。下线圈 46 和下铁心 34 构成电磁体 62，用于向阀门开启方向驱动排气阀 10。

操作中，在操纵内燃机的各种各样的控制操作的电子控制器50的控制之下，电流施加于电磁体61、62的线圈42、46。电子控制器50包括CPU、存储器、以及用于供应激励电流到电磁体61、62的线圈42、46的激励电路。电子控制器50还包括：输入电路（未显示），用于接收来自位移传感器 52的探测信号和其他信号；A/D转换器（未显示），将探测信号作为模拟信号转换成相当的数字信号等等。

图 1显示排气阀 10的以下状态：未向上线圈 42和下线圈 46提供激励电流，因此电磁体 61、62不产生电磁力。在此状态下，电枢 28未被电磁体61， 62中任何一个的电磁力吸引，而是静止在铁心32、

34之间的中间位置,在该位置,弹簧 24、38的弹力互相平衡。在排气阀10保持图1的状态的情况下,阀体16与阀座15分离、使得排气口14处于半开启状态。下文中把图1的状态中的排气阀10的位置称为"中间位置"。

5 以下将描述通过施加于线圈42、46的电流的控制来驱动的排气阀10的操作。

 在开启和关闭方向上开始驱动排气阀 10 之前,实施一个过程(称为"初始驱动过程")以便将排气阀 10 从中间位置转移或移动到对应于阀轴 20 的冲程的一端的全闭位置,并保持排气阀 10 静止或稳定在此位置。在初始驱动过程中,来自电子控制器 50 的激励电路的激励电流以预定时间间隔交替地施加到线圈 42、46 上。在这样控制施加于线圈 42、46 的电流的情况下,电枢 28、电枢轴 26、阀轴 20 等等在弹簧 24、38 的弹力和电磁体 61、62 交替地产生的电磁力的影响下强迫振动。从而,电枢 28 振动的幅度逐渐地增加,直到电枢 28 10 变成与上铁心 32 邻接。当电枢 28 靠着上铁心 32 时,电流停止施加于下线圈 46,并连续地向上线圈 42 供给恒定的激励电流。结果,电枢 28 通过由电磁体 61 产生的电磁力被吸引到上铁心 32,并维持在此状态,在这种情况下,电枢 28 靠在上铁心 32 上。从而,排气阀 10 保持全闭位置,即初始操作状态,使得阀门 10 后续的开启和关闭动作得以进行。15 20

 为了与内燃机的操作同步地开启和关闭最初被置于全闭位置的排气阀10,由前馈电流分量(以下简称"FF电流 I_f ") and 反馈电流分量(以下简称"FB电流 I_b ")组成的激励电流(以下简称"命令电流 I ")从电子控制器50的激励电路有选择地供应到电磁体61、62的线圈42、25 46。

 用于开启和关闭排气阀 10 的驱动力基本上由弹簧 24、38 的弹力、阀体 16、阀轴 20、电枢 28、电枢轴 26 的质量等等确定。驱动力还随在各滑动部分的摩擦阻力的值变化,例如,在电枢轴 26 和铁

心 32、34 之间的接合处以及阀轴 20 和气缸盖 18 之间的接合处的摩擦阻力。此外，因为阀体 16 承受基于燃烧室 12 以及排气口 14 内部压力的外力，所以作用于排气阀 10 的驱动力在外力的影响下变化。

5 为了确保排气阀 10 的足够高的操作稳定性，必须设置由电磁体 61、62 产生的电磁力的值，换言之，将提供给线圈 42、46 的激励电流设置为适当的值、使得所产生的驱动力反映不同的滑动部分的摩擦阻力以及由燃烧室 12 内部的压力引起的外力等等。

10 虽然每个滑动部分的摩擦阻力的值被认为是大体上恒定、与发动机负荷无关的，但是，由燃烧室 12 中的压力引起的外力等的值可能极大地根据发动机负荷而变化。例如，由于燃烧压力随发动机负荷的增加而增加，在排气阀 10 开启时的燃烧室 12 内部的压力以及排气口 14 的排气压力也因此增加，导致由上述压力产生的外力的增加。因此，如果确定施加于线圈 42、46 的激励电流时不考虑外力，用于驱动排气阀 10 的电磁力可能变得不足，导致排气阀 10 的操作
15 稳定性的降低。在其它情况下，排气阀 10 可能由过大的电磁力驱动，导致电力消耗增加和/或当排气阀 10 开启和关闭时的振动和噪音（例如，包括电枢 28 和铁心 32、34 的触点之间产生的噪音以及阀座 15 和阀体 16 之间的碰撞）。

20 因此，根据本发明的实施例，适当地设置 FF 电流 I_f 和 FB 电流 I_b 以便反映由燃烧室 12 等的压力产生的外力和摩擦阻力，使得排气阀 10 以足够高的稳定性操作，并且不会遇到上述问题、如电力消耗增加和发生在开启和关闭时的噪音和振动。

25 以下将参考图 2 的时序图对排气阀 10 开启时的驱动的控制操作进行描述，并且将参考图 5 的时序图对其关闭时的驱动的控制操作进行描述。

图 2 中，(a) 表示当排气阀 10 开启时排气阀 10 的目标位移 X_t 和实际位移 X 随时间的变化，(b)、(c) 和 (d) 表示 FB 电流 I_b 、FF 电流 I_f 和命令电流 I 随时间的变化。

如图 2 所示, 在时间 t_0 和 t_1 之间, FF 电流 I_f 的值设置成 I_{f2} (保持电流)、使得电枢 29 保持被吸引到上铁心 32 并保持此初始位置。在此期间, FB 电流 I_b 设置成零。从而, 提供给上线圈 42 的命令电流等于保持电流 I_{f2} , 排气阀 10 保持在全闭位置。

5 为了由此初始位置开启排气阀 10, FF 电流 I_f 最初在时间 t_1 调到零, 使得停止向上线圈 42 供应命令电流 I , 并且排气阀 10 从全闭位置释放。由于命令电流 I 在排气阀 10 刚从全闭位置释放后等于零, 所以排气阀的可移动部分在上弹簧 38 的偏置力下向全开位置转移或移动。在时间 t_1 和 t_2 之间, 当电枢 28 和下铁心 34 之间的气隙 G 达到预定值 G_1 时, FF 电流 I_f 和 FB 电流 I_b 都保持等于零。

10

电子控制器 50 根据当排气阀 10 从全闭位置释放的上述时刻 t_1 经过时段 Δt 后的时刻测量的实际位移 X (图 2 (a) 中用实线表示), 估计作用于排气阀 10 的外力值。上述时段 Δt 设置成允许基于在时刻 t_1 和时刻 t_2 内完成的实际位移 X 估计外力的值。离开经过时段 Δt 后的时刻的全闭位置开始的实际位移 X 越小, 作用于排气阀 10 的开启动作的估计外力越大。

15

电子控制器 50 根据所述估计的外力和从排气阀 10 从全闭位置释放的时刻 t_1 起计算的经过的时间 T , 计算 FF 电流 I_f 和排气阀 10 的目标位移 X_t (图 2 (a) 点划线所示)。图 3 显示如此计算的目标位移 X_t 随时间 (经过的时间 T) 变化的多个模式, 每一个模式对应于每一个不同的估计的外力的值。从图 3 可以明显看出, 目标位移 X_t 的模式显示出这样的趋势, 排气阀 10 从全闭位置移动到全开位置所需要的时间随外力的增加而增加。

20

计算 FB 电流 I_b 、使得排气阀在每个时刻的实际位移 X 等于对应时刻的目标位移 X_t 。从而, FB 电流 I_b 和 FF 电流 I_f 是考虑到外力而设置的。

25

更准确地说, FF 电流 I_f 是根据估计的外力和经过的时间 T 计算的, 从而设置一个电流值、该电流值使实际位移 X 跟随根据外力

选择的目标位移 X_t 的模式。图 4 显示如此计算的 FF 电流 I_f 随时间（经过的时间 T ）的变化的多个模式，每一个模式对应于每一个不同的估计的外力值。从图 4 可以明显看出，FF 电流变成大于零的时刻随着外力增加而提前，并且 FF 电流的值随外力的增加而增加。

5 在时刻 t_2 （在图 2 中）以及其后，气隙 G 变成等于预定值 G_1 ，根据实际位移 X 偏离随外力变化的目标位移 X_t 的偏差 ΔX 计算 FB 电流 I_b 。即，确定 FB 电流 I_b 以便减小或消除位移偏差 ΔX 。在 FF 电流 I_f 大于零的时刻 t_2 和 t_3 之间的时段内，把命令值 I 设置成等于 FB 电流 I_b ，只执行根据 FB 电流 I_b 的反馈控制、以便控制施加于下线圈 46 的电流。

10 一旦经过的时间 T 达到 FF 电流 I_f 大于零的时刻 t_3 ，把 FF 电流 I_f 设置成随经过的时间 T 以及估计的外力而变的值（大于零）。因而，计算命令值 I ，作为 FF 电流 I_f 和 FB 电流 I_b 的和，并且，除上述反馈控制之外，根据 FF 电流 I_f 执行前馈控制、以便控制施加于下线圈 46 的电流。

15 当排气阀 10 在 t_4 时刻实际上达到全开位置时，位移偏差 ΔX 等于零，并且把 FB 电流 I_b 设置成零。同时，把 FE 电流 I_f 设置成上述保持电流 I_{f2} ，因而排气阀 10 保持全开位置。

20 以下将参考图 5 的时序图描述当排气阀 10 关闭时排气阀 10 的驱动的控制操作。图 5 中，(a) 表示当排气阀 10 关闭时排气阀 10 的目标位移 X_t 和实际位移 X 随时间的变化，(b)、(c) 和 (d) 表示 FB 电流 I_b 、FF 电流 I_f 和命令电流 I 随时间的变化。

25 如图 5 所示，在时刻 t_5 和 t_6 之间的时段内，把 FF 电流 I_f 的值设置成保持电流 I_{f2} ，并且把 FB 电流 I_b 设置成零。从而使提供给下线圈 46 的命令电流等于保持电流 I_{f2} ，因而排气阀 10 保持在全开位置。

 为了由此初始位置关闭排气阀 10，FF 电流 I_f 最初在时间 t_6 设置为零，使得停止向下线圈 46 供应命令电流 I ，因而排气阀 10 从全开位置释放。由于命令电流 I 在排气阀 10 刚从全开位置释放后等于零，所

以排气阀的可移动部分在下弹簧24的偏置力下向全闭位置转移或移动。在电枢28和上铁心32之间的气隙G达到预定值G1的时刻t6和t7之间，FF电流If和FB电流Ib都保持等于零。

5 电子控制器50根据在从排气阀10从全开位置释放的上述时刻t6开始经过时段 Δt 后的时刻测量的实际位移X（在图5（a）中用实线表示），估计作用于排气阀10的外力值。把上述时段 Δt 设置为这样的值：该值允许根据在时刻t6和时刻t7之间的时段内完成的实际位移X估计所述外力。在经过时段 Δt 后的时刻测量的从全开位置开始的实际位移X越小，作用于排气阀10的关闭动作的估计外力越大。

10 电子控制器50根据估计的外力和从排气阀10从全开位置释放的时刻t6起计算的经过的时间T，计算FF电流If和排气阀10的目标位移Xt（图5（a）点划线所示）。图6显示如此计算的目标位移Xt随时间（经过的时间T）的变化的多个模式，每一模式对应于每一个不同的估计的外力的值。从图6可以明显看出，目标位移Xt的各模式显示出这样的趋势：排气阀10从全开位置移动到全闭位置所需要的时间随外力的增加而增加。

然后，计算FF电流If和FB电流Ib、以便排气阀10的实际位移X（图5的实线所示）在每个时刻等于对应时刻的目标位移Xt。这样，FB电流Ib和FF电流If是考虑到外力而设置的。

20 更准确地说，根据估计的外力和经过的时间T来计算FF电流If，从而设置这样的电流值、它使实际位移X跟随根据外力选择的目标位移Xt的模式。图4显示的如此计算的FF电流If随时间（经过的时间T）和不同的估计外力的值的变化的多个模式也适用于排气阀10关闭的情况。

25 在气隙G等于预定值G1的时刻t7（图5中）以及其后，根据实际位移X偏离随外力变化的目标位移Xt的偏差 ΔX 计算FB电流Ib。即，这样确定FB电流Ib、以便减小或消除位移偏差 ΔX 。在时刻t7和t8之间的时段内，FF电流If大于零，命令值I等于FB电流

Ib, 仅仅根据 FB 电流 Ib 执行反馈控制、以便控制施加于上线圈 42 的电流。

一旦经过的时间T达到FF电流If大于零的时刻t8, FF电流If被设置成随经过的时间T以及估计的外力而变的值(大于零)。因而, 计算命令值I, 作为FF电流If和FB电流Ib的和, 除上述FB反馈控制之外, 根据FF电流If执行前馈控制、以便控制施加于上线圈42的电流。

当排气阀 10 在 t9 时刻实际上达到全闭位置时, 位移偏差 ΔX 等于零, 并且 FB 电流 Ib 被设置成零。同时, FE 电流 If 被设置成上述保持电流 If2, 因而排气阀 10 保持全闭位置。

以下将参考图7和图 8 图描述控制排气阀10的驱动的控制流程。流程图所示的控制例行程序通过电子控制器50在某时段重复地执行。

首先, 在图 7 的步骤 S101 确定排气阀 10 是否刚从全闭或全开位置释放。如果在步骤 S101 获得肯定的判定(是), 则将用于测量从排气阀 10 释放时刻开始经过的时间 T 的计时器在步骤 S102 复位。在步骤 S103, 确定经过的时间 T 是否等于上述时段 Δt 。如果在步骤 S103 获得肯定的判定(是), 则执行步骤 S104 以便根据排气阀 10 在经过的时间 T 等于 Δt 时刻测量的实际位移 X 估计作用于阻止排气阀 10 运动的外力的值, 。

在图 8 的步骤S105, 确定经过的时间T是否大于时段 Δt 。如果在步骤S105获得肯定的判定(是), 则根据估计外力和经过的时间T在步骤S106计算FF电流If。图 4 明显显示了FF电流If根据外力和经过的时间T的变化, FF电流If随外力增加而增加, 以便设置成适合于补偿外力影响的值。

当在上述步骤 S105 获得否定的判定(否)时, 即, 当确定经过的时间 T 等于或不足时段 Δt 时, FF 电流 If 设置成零。

在下一步骤S108, 确定电枢29和每一个电磁体61、62之间的气隙G是否等于或小于预定值G1。气隙G定义为电枢28和当前电枢28朝

着其移动的上铁心32和下铁心34中的一个的距离。即，当排气阀10开启时，气隙G代表电枢28和下铁心34之间的距离，而当排气阀10关闭时，气隙G代表电枢28和上铁心32之间的距离。

5 执行上述步骤 S108，以便根据气隙 G 的大小确定是否应该开始基于 FB 电流 Ib 的反馈控制。因为以下理由，反馈控制开始的时刻根据气隙 G 的值确定。

假定大体上相同激励电流的电平提供给电磁体61或62，作用于电枢28的电磁力随气隙G的增加而减小。换句话说，随着气隙G增加，提供给电磁体61或62的电能的增加部分可能被浪费，没有促进电枢28
10 朝着对应的铁心的方向的吸引。因此，在上述控制例行程序中，只有当确定气隙G等于或小于预定值G1时才执行基于根据位移偏差 ΔX 的FB电流的反馈控制。如果气隙G大于预定值G1，意味着由电磁体61或62驱动的电枢28以低的电效率被吸引到对应的铁心32或34，通过将FB电流Ib设置为零，大体上停止反馈控制，以便将电力消耗的增
15 量最小化。

如果在步骤 S108 获得肯定的判定（是），根据估计的外力和经过的时间 T 在步骤 S109 计算 FF 电流 If。当排气阀 10 开启时，如此计算的目标位移如图 3 所示随外力和经过的时间 T 变化，而当排气阀 10 关闭时，如此计算的目标位移如图 6 所示随外力和经过的时间 T 变化。
20

随后，在步骤S110根据以下表达式(1)计算位移偏差 ΔX ：

$$\Delta X = X_t - X \quad (1)$$

然后在步骤S111基于位移偏差 ΔX ，根据以下表达式(2)计算FB电流Ib：

25
$$I_b = K \Delta X \quad (2)$$

上述表达式中，"K"是反馈增益，并在此实施例中设置成恒定值。

这里，计算被用来计算位移偏差 ΔX 的目标位移 X_t ，以便随着作

用于排气阀10阻止其运动的外力的增加，排气阀10更迟缓地转移或移动。因而，FB电流I_b设置成适合于补偿外力影响的电流值。

另一方面，如果在上述步骤S108中获得否定的判定（否），则在步骤S112中FB电流I_b设置成零。

- 5 在步骤S111或步骤S112确定FB电流I_b后，在步骤S113根据以下表达式（3）计算将被加到电磁体61、62中选择的一个的最后的命令电流"I"：

$$I=I_b+I_f \quad (3)$$

- 10 在步骤S114，如此确定的命令电流I被加到电磁体61、62中选择的一个。更准确地说，当排气阀10开启时，命令电流I被提供给下线圈46，而当排气阀10关闭时，命令电流I被提供给上线圈42。用这样的模式，通过控制施加于对应电磁体61、62的电流来控制每个电磁体61、62产生的电磁力的值。图7和图8的控制例行程序在执行步骤S114之后终止。

- 15 虽然已经详细描述了排气阀10的结构和对该阀门10的驱动的控制模式，但是，可以像排气阀10那样来构造进气阀，并且以大体上同样的模式控制进气阀的驱动。

图解说明的实施例产生以下优点。

- 20 （1）发动机阀如进气阀或排气阀10的目标位移X_t，根据选择的模式变化、使得发动机阀随着阻止阀门运动的外力的增加更迟缓或柔和地移动或转移。根据位移偏差ΔX来计算FB电流I_b，使得发动机阀的实际位移X符合目标位移X_t，并且如此调整到最佳值以便补偿外力的影响。通过根据由FB电流等等计算的命令电流I，控制施加于电磁体61或62的电流，以与外力一致的适当的电磁力值驱
- 25 动发动机阀。此配置可以避免这种情况：由于相对于驱动发动机阀的所需用力不足的电磁力而导致发动机阀以低的操作稳定性驱动。上述配置可以同时避免发动机阀用过大的电磁力驱动，那可能导致电力消耗的增大和/或当开启和关闭阀门时发生噪音和振动。

(2) 在施加于电磁体61、62、用于开启和关闭发动机阀的电流的控制之下, FF电流 I_f 根据外力和经过的时间 T 设置成使发动机阀的实际位移 X 等于目标位移 X_t 的电流值。然后, 根据由FF电流 I_f 和反馈电流 I_b 计算的命令电流执行对施加于电磁体61、62的电流的控制。

5 因而, 施加于电磁体61、62用于开启和关闭发动机阀的电流的控制包括根据FF电流 I_f 的前馈控制, 因此可以执行没有时间延迟的电流的控制。

(3) 根据从将曾经保持等于保持电流 I_{f2} 的命令电流 I 设置成零(图2的时刻 t_1 和图5的时刻 t_6)的时刻开始经过时间 Δt 后测量的发动机阀的实际位移 X 估计作用于发动机阀的外力。时间 Δt 设置成在使曾经保持等于零的命令电流 I 大于零的时刻(t_3)之前终止的时段, 即, 在气隙 G 变成大于预定值 G_1 的基于FB电流 I_b 的反馈控制开始之前终止的时段。因而, 在经过时间 Δt 的时刻, 在曾经被置于去激励状态的电磁体(在提供了保持电流 I_{f2} 之后)以FB电流 I_b 再次激励之前, 15 根据发动机阀的实际位移 X 估计外力。在这时候测量的发动机阀的实际位移 X 不受通过电磁体产生的电磁力的影响, 因此取适当的值以便精确地考虑作用于发动机阀的外力。因此, 可以根据实际位移 X 适当地估计外力, 而不需要用于估计作用于发动机阀的外力的新的传感器。

20 可以对图解说明的本发明的实施例作如下修改。

用于根据位移偏差 ΔX 计算FB电流 T_b 的反馈增益" K "可以随着气隙 G 的大小和位移偏差 ΔX 的值而变化, 例如参考如图9所示的映射。在这种情况下, 反馈增益" K "设置成对应于图9的各自的区域A、B、C和D的预定值 K_0 、 k_1 、 k_2 和 k_3 , 根据气隙 G 和位移偏差 ΔX 确定或定义。关于预定值 k_1 到 k_5 , 预先建立以下表达式(4)表示的关系。 25

$$K_0 < K_1 < K_2 < K_3 \quad \dots(4) \quad \text{其中 } K_0 \text{ 等于零。}$$

当位移偏差 ΔX 极小时, 可以设置成如上所述的变量的反馈增益

"K"被设置成零,并且当位移偏差 ΔX 大于某一值时逐步地随着气隙G增加而增加。因为当向选择的电磁体施加某一命令电流I时,作用于发动机阀的电磁力随着气隙G增加而下降,所以反馈增益"K"随气隙G的增加而增加。假定相同的激励电流I提供给该电磁体,则作用于发动机阀的电磁力随气隙的增大而下降。随着上述气隙G的增加,通过将反馈增益K设置为较大的值,从而可以在选择的电磁体产生适合于气隙G大小的值的电磁力。因而,发动机阀的实际位移X可以在相对短的时间调节到目标位移 X_t ,同时以高精度和可靠性跟随目标位移 X_t 选择的模式。用如上所述的成为变量的反馈增益K,仅仅将根据气隙G设置的必要的命令电流I提供给选择的电磁体,从而在位移传感器52上减小或抑制噪音等不利的影响,即可能由提供给选择的电磁体的过大的电流所引起的影响。

可以按照所需要的方式将反馈增益"K"设置为变量。例如,反馈增益"K"可以单独地根据气隙G确定使得反馈增益"K"逐步地随着气隙G增加而增加。或者,反馈增益K可以根据气隙G连续地变化,利用以下代表气隙和反馈增益之间关系的表达式(5),不使用映射等。

$$K=K_aG+K_b \quad (5)$$

G: 气隙

K_a, K_b: 常数

在图解说明的实施例中,根据FB电流I_b和FF电流I_f设置控制施加于每一个电磁体61、62的电流时使用的命令电流I,以便同时进行反馈控制和前馈控制。但是,可以只进行反馈控制,例如,通过只根据FB电流I_b控制施加于每一个电磁体61、62的电流。

在图解说明的实施例中,通过仅仅计算PID控制(比例-积分-微分控制)的P项(比例项),根据位移偏差 ΔX 计算FB电流I_b。但是除P项(比例项)之外,也可以计算I项(积分项)和D项(微分项)。

在图解说明的实施例中,根据从将曾经保持等于保持电流I_{f2}的

命令电流 I 设置成零时的时刻开始经过时间 Δt 后测量的发动机阀的实际位移 X 来估计作用于发动机阀的外力。但是本发明不局限于此估计的模式。例如，可以根据燃烧室 12 的压力、和/或有关的进气口或排气口内部的压力来估计作用于发动机阀的外力的值。更具体地说，可以设置用于检测燃烧室 12 内的压力的气缸内压力传感器和用于检测进气口内的压力的进气口压力传感器，并根据燃烧室 12 内的压力和进气口内的压力的压力差估计作用于进气阀的外力的值。同样，可以设置用于检测燃烧室 12 内的压力的气缸内压力传感器和用于检测排气口内的压力的排气口压力传感器，并根据燃烧室 12 内的压力和排气口内的压力的压力差估计作用于排气阀的外力的值。

另外，如上所述，作用于发动机阀的外力的值随发动机的负载而变。发动机的负载可以根据用于检测加速器踏板位置的加速器位置传感器的输出（或加速器踏板的降低量）以及用于检测发动机速度的发动机速度传感器的输出进行计算。发动机的负载也可以根据用于检测节流阀开启角度的节流阀开启传感器的输出或用于检测被抽进内燃机的吸入气的量（或流率）的空气流量计的输出，代替加速器位置传感器的输出进行计算。

另外，作用于发动机阀的外力的值随发动机阀开闭的阀时序而变。从而，根据发动机的负载估计的作用于发动机阀的外力的值可以通过适当地调节阀时序进行修正。

图 1

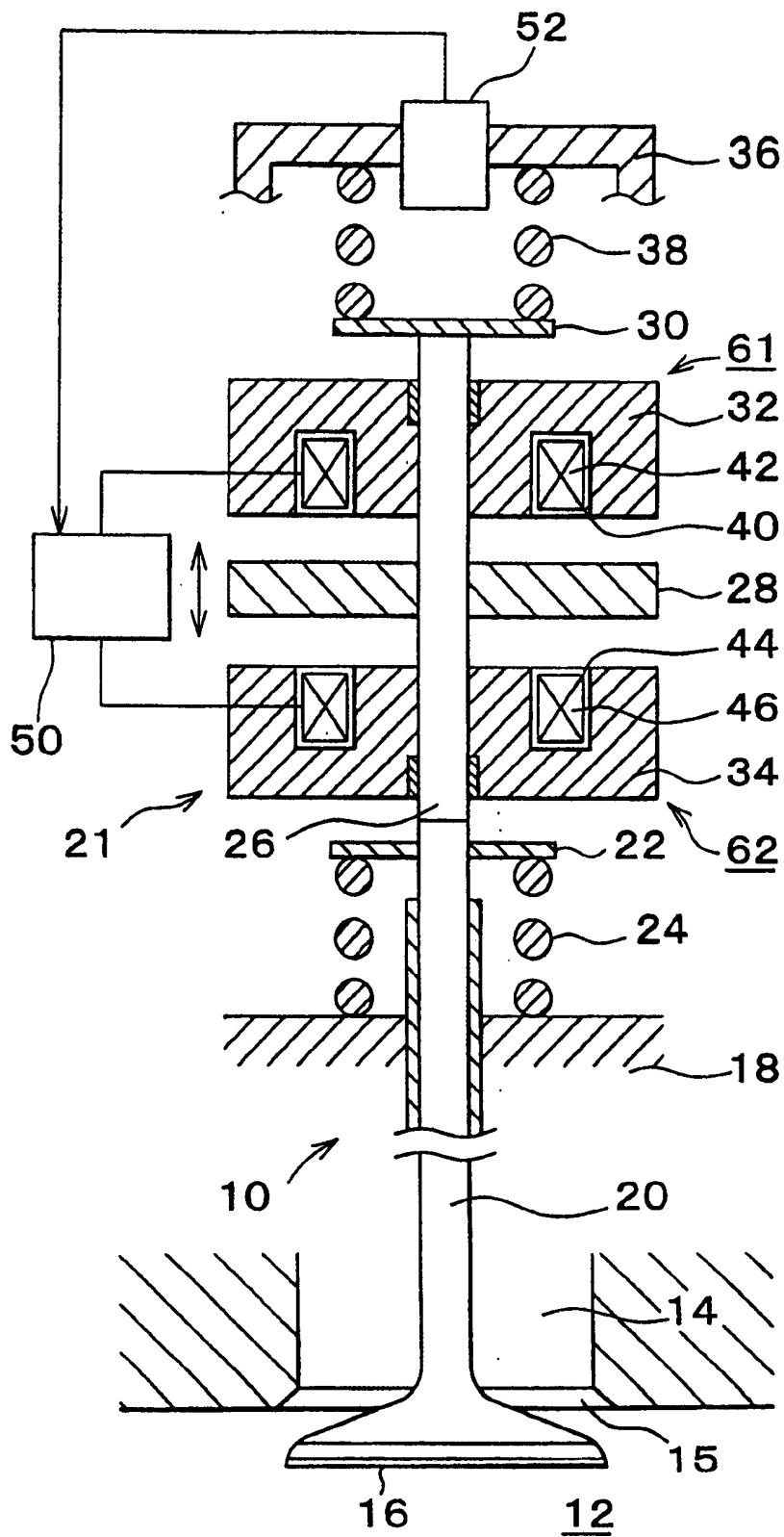


图 2

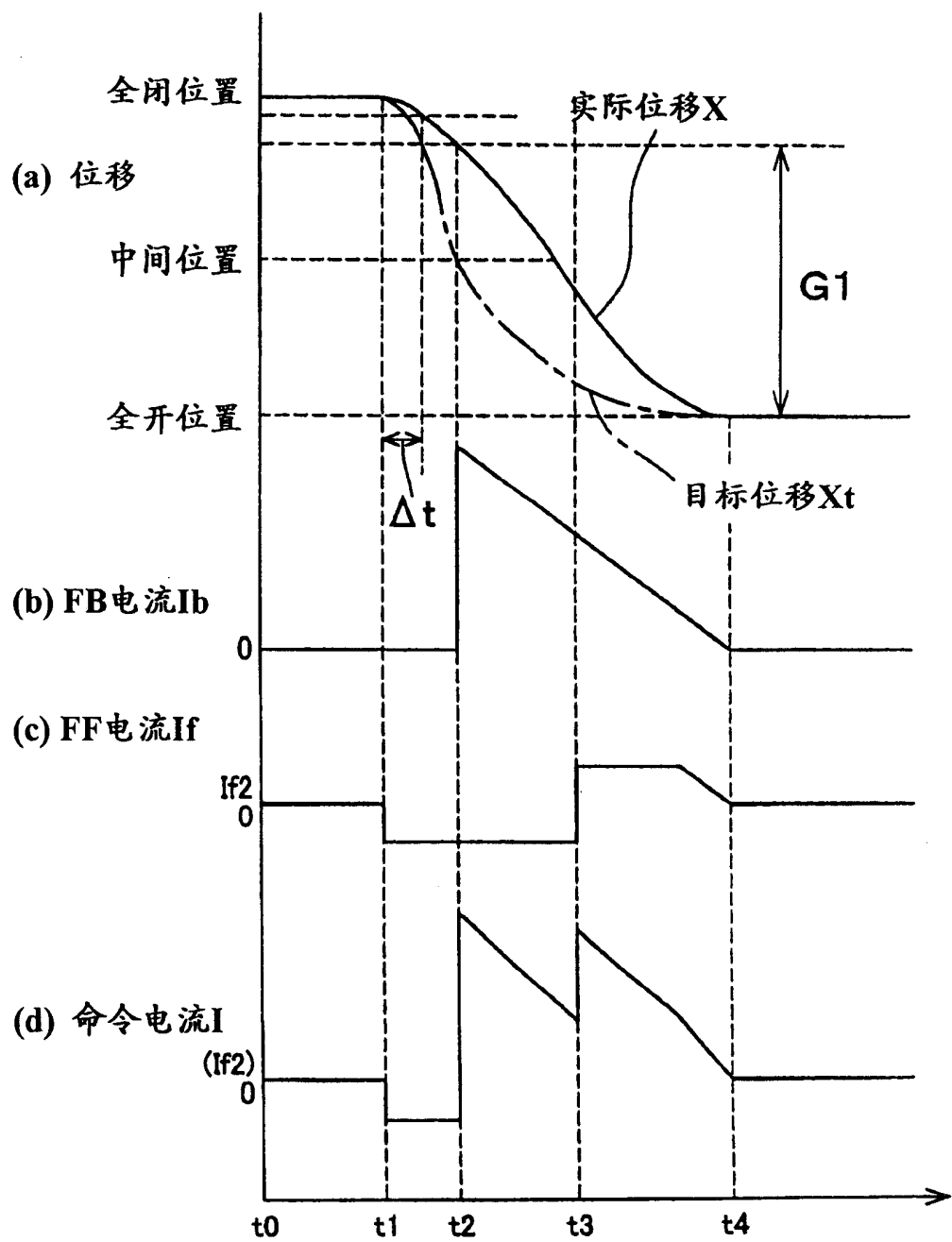


图 3

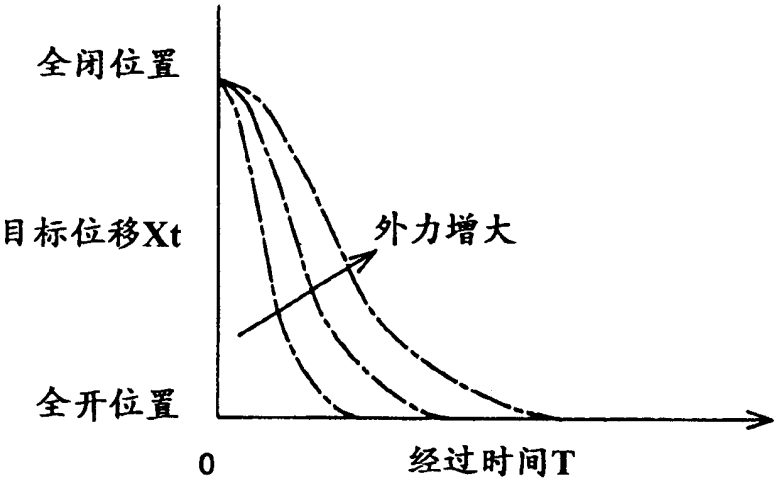


图 4

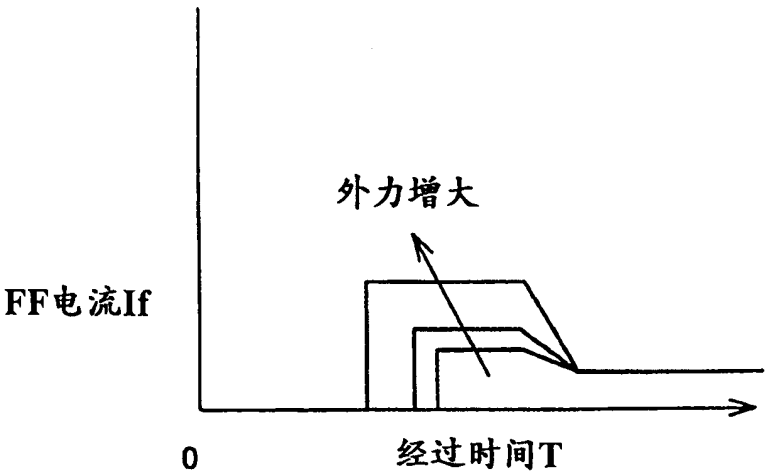


图 5

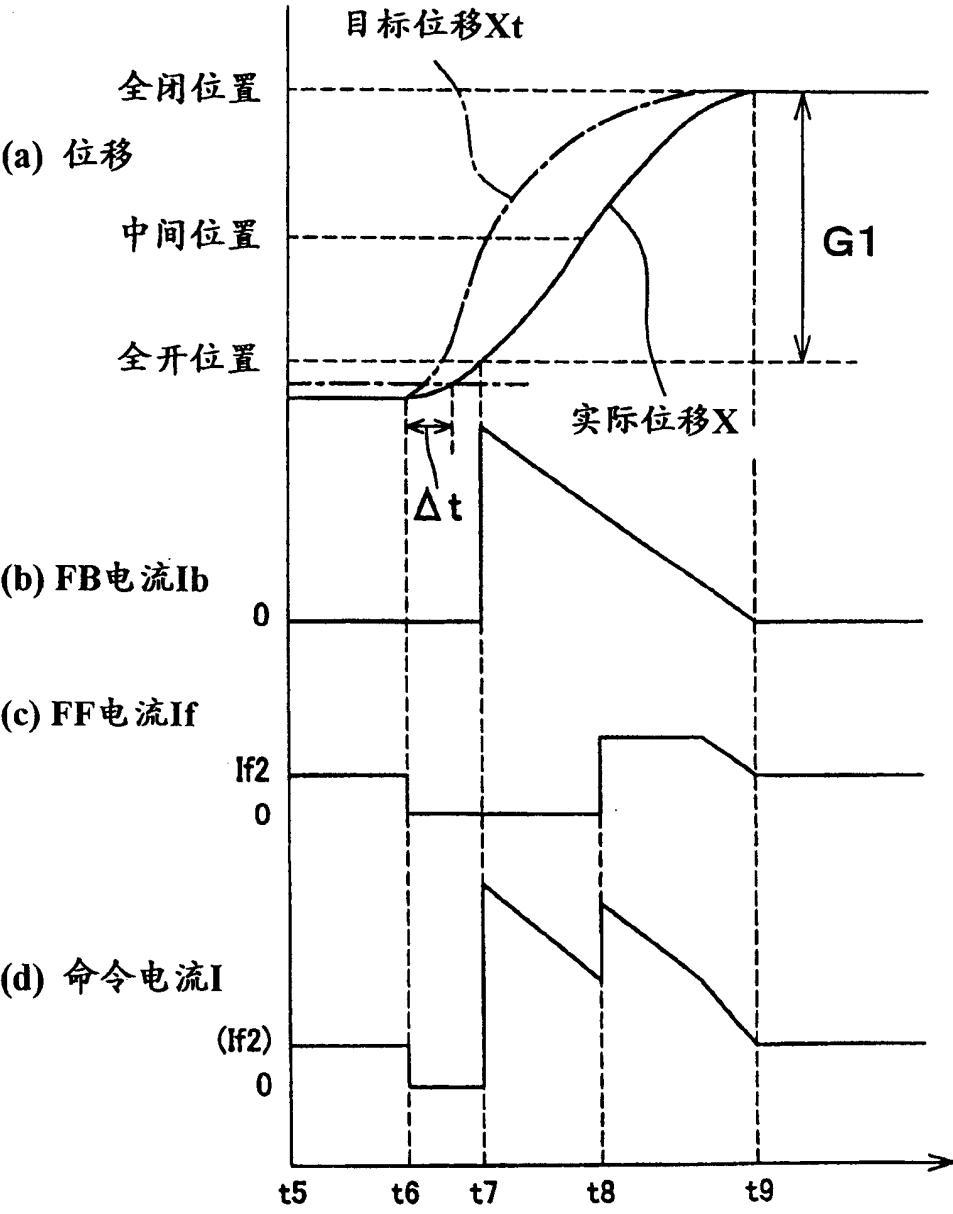


图 6

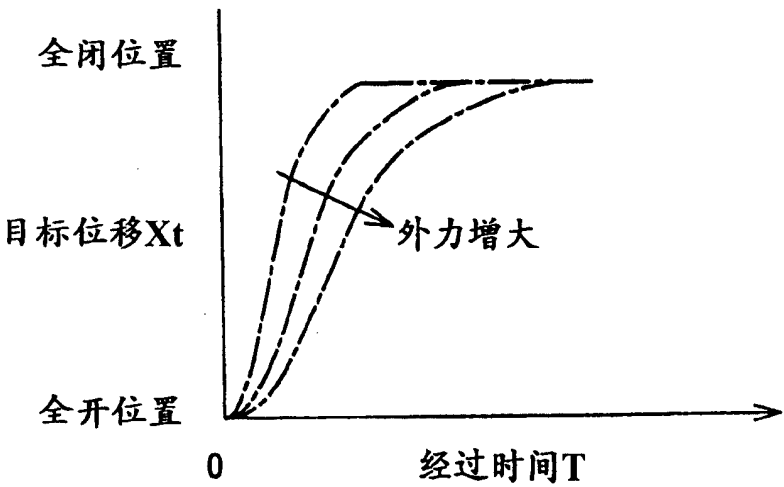


图 7

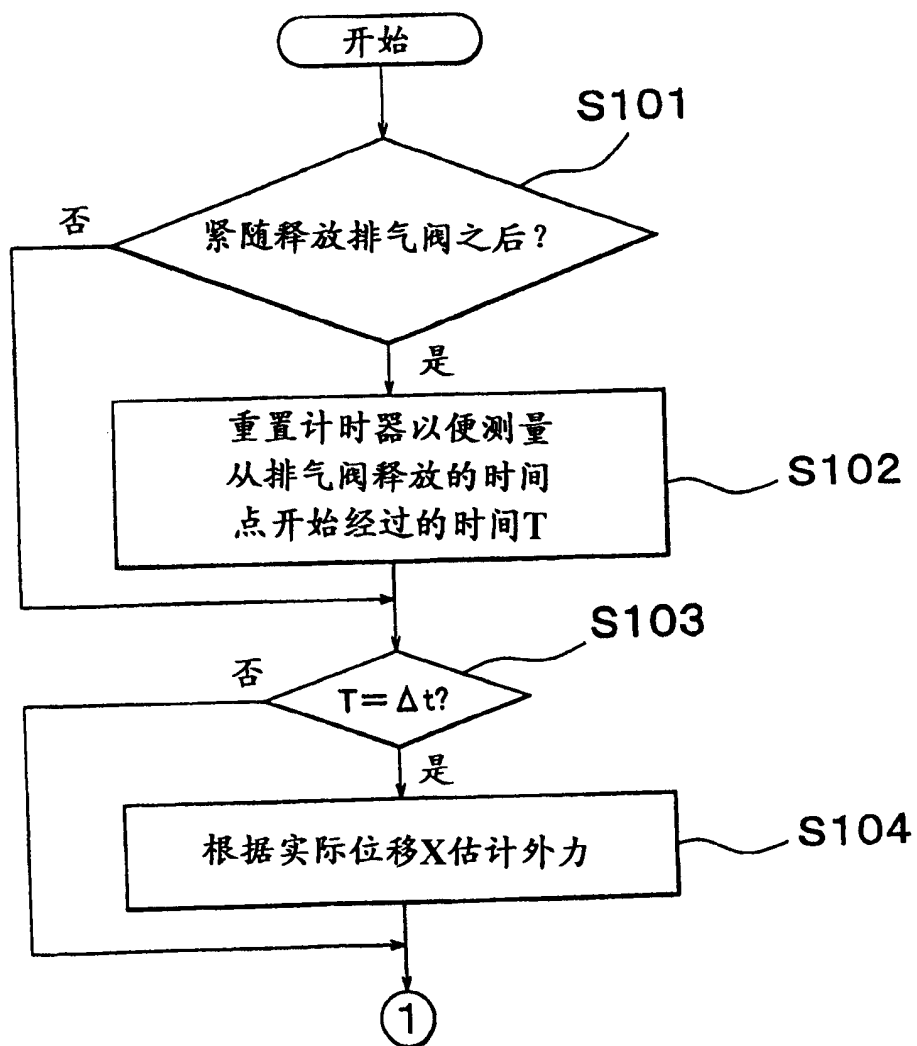


图 8

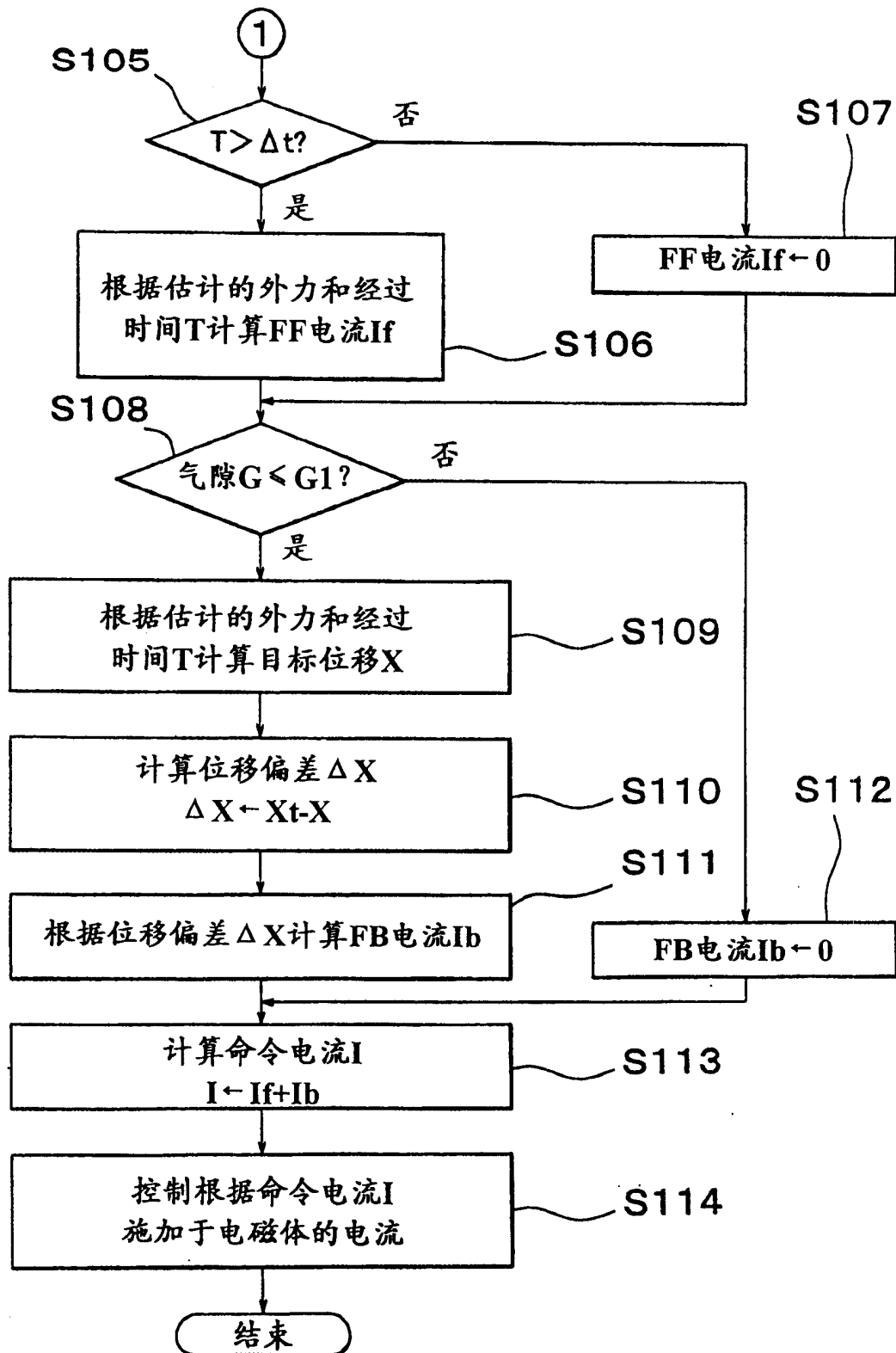


图 9

