



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 113915017 A

(43) 申请公布日 2022. 01. 11

(21) 申请号 202110777806.1

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2021.07.09

F02D 45/00 (2006.01)

F02B 77/08 (2006.01)

(30) 优先权数据

2020-119229 2020.07.10 JP

(71) 申请人 纳博特斯克有限公司

地址 日本东京都

申请人 国立研究开发法人海上・港湾・航空技术研究所

(72) 发明人 川谷圣 藤原真 笹岛己喜朗

福岛圭一郎 奥列克西・邦达连科
北川泰士

(74) 专利代理机构 北京林达刘知识产权代理事务
所(普通合伙) 11277

代理人 刘新宇

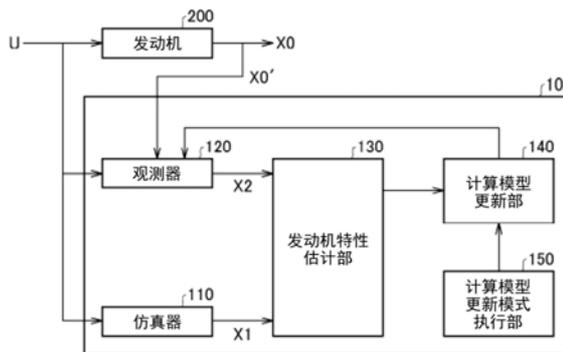
权利要求书3页 说明书13页 附图7页

(54) 发明名称

发动机特性估计装置及方法、状态估计装置、存储介质

(57) 摘要

提供一种发动机特性估计装置及方法、状态估计装置、存储介质，能够高精度地估计发动机的特性的变化。发动机特性估计装置(100)具备：第一计算部，其基于第一计算模型和向发动机(200)的燃料供给量来计算第一发动机状态参数(X1)；第二计算部，其基于第二计算模型和发动机(200)的动作数据来计算第二发动机状态参数(X2)；以及发动机特性估计部(130)，其基于第一发动机状态参数(X1)和第二发动机状态参数(X2)来估计发动机(200)的特性。



1. 一种发动机特性估计装置,具备:

第一计算部,其基于表示发动机的特性的第一计算模型和在任意的时间点向所述发动机供给的燃料供给量,来计算作为所述发动机的状态变量的第一发动机状态参数;

第二计算部,其基于表示所述发动机的特性的与所述第一计算模型不同的第二计算模型以及与在所述任意的时间点被驱动的所述发动机的动作有关的动作数据,来计算作为所述发动机的状态变量的第二发动机状态参数;以及

发动机特性估计部,其基于所述第一发动机状态参数和所述第二发动机状态参数来估计所述任意的时间点的所述发动机的特性。

2. 根据权利要求1所述的发动机特性估计装置,其特征在于,
所述第一计算模型表示所述发动机的初始状态的特性。

3. 根据权利要求1或2所述的发动机特性估计装置,其特征在于,
还具备计算模型更新部,所述计算模型更新部基于由所述发动机特性估计部估计出的所述发动机的特性,来更新所述第二计算模型。

4. 根据权利要求3所述的发动机特性估计装置,其特征在于,
所述第二计算模型包含表示所述第二计算部的特性的系统系数矩阵,
所述计算模型更新部更新所述系统系数矩阵中的至少一个元素。

5. 根据权利要求3所述的发动机特性估计装置,其特征在于,
所述发动机特性估计部具备对所述第一发动机状态参数与所述第二发动机状态参数的差分进行运算的差分运算部,基于所述差分来估计所述发动机的特性,
所述计算模型更新部在所述差分超过了规定的阈值的情况下更新所述第二计算模型。

6. 根据权利要求5所述的发动机特性估计装置,其特征在于,
所述计算模型更新部在所述差分超过所述阈值的状态持续了规定时间的情况下更新所述第二计算模型。

7. 根据权利要求3所述的发动机特性估计装置,其特征在于,
还具备计算模型更新模式执行部,所述计算模型更新模式执行部执行用于由所述计算模型更新部进行所述第二计算模型的更新的更新模式,
所述计算模型更新部基于在所述更新模式中由所述发动机特性估计部估计出的所述发动机的特性来更新所述第二计算模型。

8. 根据权利要求1所述的发动机特性估计装置,其特征在于,
所述发动机特性估计部估计燃烧效率、动力传递效率、动态特性、用于提高向发动机主体流入的压力的增压器的效率以及对发动机的干扰影响中的至少一个,来作为所述发动机的特性。

9. 根据权利要求1所述的发动机特性估计装置,其特征在于,
所述发动机特性估计部具备对所述第一发动机状态参数与所述第二发动机状态参数的差分进行运算的差分运算部,基于该差分来估计所述发动机的特性。

10. 根据权利要求9所述的发动机特性估计装置,其特征在于,
所述差分运算部具备多个差分器,
所述多个差分器对所述第一发动机状态参数中包含的多个参数与所述第二发动机状态参数中包含的同它们对应的多个参数的各个差分进行运算。

11. 根据权利要求1所述的发动机特性估计装置,其特征在于,
所述动作数据包含与发动机主体的动作有关的发动机主体数据以及与用于提高向所述发动机主体流入的压力的增压器的动作有关的增压器数据。

12. 根据权利要求11所述的发动机特性估计装置,其特征在于,
所述发动机主体数据包含所述发动机主体的转速、排气温度、排气压力以及排气量中的至少一个。

13. 根据权利要求11或12所述的发动机特性估计装置,其特征在于,
所述增压器数据包含所述增压器的转速、供气温度、供气压力、供气量、扫气温度、扫气压力以及扫气量中的至少一个。

14. 根据权利要求1所述的发动机特性估计装置,其特征在于,
所述动作数据包含与所述发动机的机械动作有关的机械数据以及与所述发动机的热力学状态有关的热力学数据。

15. 根据权利要求14所述的发动机特性估计装置,其特征在于,
所述机械数据包含发动机主体的转速以及用于提高向所述发动机主体流入的压力的增压器的转速中的至少一个。

16. 根据权利要求14或15所述的发动机特性估计装置,其特征在于,
所述热力学数据包含排气温度、排气压力、排气量、供气温度、供气压力、供气量、扫气温度、扫气压力以及扫气量中的至少一个。

17. 根据权利要求1所述的发动机特性估计装置,其特征在于,
所述第二计算部除了基于所述动作数据以外还基于所述燃料供给量来计算所述第二发动机状态参数。

18. 根据权利要求1所述的发动机特性估计装置,其特征在于,
所述发动机是额定转速为每分钟1000转以下的船舶用的发动机。

19. 一种发动机特性估计方法,包括以下步骤:

第一计算步骤,基于表示发动机的特性的第一计算模型和在任意的时间点向所述发动机供给的燃料供给量,来计算作为所述发动机的状态变量的第一发动机状态参数;

第二计算步骤,基于表示所述发动机的特性的与所述第一计算模型不同的第二计算模型以及与在所述任意的时间点被驱动的所述发动机的动作有关的动作数据,来计算作为所述发动机的状态变量的第二发动机状态参数;以及

发动机特性估计步骤,基于所述第一发动机状态参数和所述第二发动机状态参数来估计所述任意的时间点的所述发动机的特性。

20. 一种计算机可读的存储介质,存储有用于使计算机执行以下步骤的发动机特性估计程序:

第一计算步骤,基于表示发动机的特性的第一计算模型和在任意的时间点向所述发动机供给的燃料供给量,来计算作为所述发动机的状态变量的第一发动机状态参数;

第二计算步骤,基于表示所述发动机的特性的与所述第一计算模型不同的第二计算模型以及与在所述任意的时间点被驱动的所述发动机的动作有关的动作数据,来计算作为所述发动机的状态变量的第二发动机状态参数;以及

发动机特性估计步骤,基于所述第一发动机状态参数和所述第二发动机状态参数来估

计所述任意的时间点的所述发动机的特性。

21. 一种发动机状态估计装置, 具备:

第一计算部, 其基于表示发动机的特性的第一计算模型和在任意的时间点向所述发动机供给的燃料供给量, 来计算作为所述发动机的状态变量的第一发动机状态参数;

第二计算部, 其基于表示所述发动机的特性的与所述第一计算模型不同的第二计算模型以及与在所述任意的时间点被驱动的所述发动机的动作有关的动作数据, 来计算作为所述发动机的状态变量的第二发动机状态参数; 以及

发动机状态估计部, 其基于所述第一发动机状态参数和所述第二发动机状态参数来估计所述任意的时间点的所述发动机的状态。

发动机特性估计装置及方法、状态估计装置、存储介质

技术领域

[0001] 本发明涉及发动机的特性估计技术和状态估计技术。

背景技术

[0002] 发动机在船舶、汽车、航空器等中被广泛地利用,但由于对环境问题的意识也在提高,近年来期望进一步的高效率化。为了提高发动机的效率,需要高精度地估计发动机的状态,并基于其估计结果来最恰当地控制发动机。

[0003] 现有技术文献

[0004] 专利文献

[0005] 专利文献1:日本特表2009-510327号公报

[0006] 专利文献2:日本特开2015-222074号公报

发明内容

[0007] 发明要解决的问题

[0008] 在专利文献1中,公开了一种由状态观测器估计发动机的状态的技术。状态观测器使用表示发动机的特性的矩阵,根据发动机的各种测定数据来运算表示发动机的状态的参数。在该运算中,在矩阵正确地表示了发动机的特性的情况下,能够高精度地计算发动机的状态参数。另一方面,在由于经年劣化、进气温度等外部环境的变化而导致发动机的特性发生了变化的情况下,矩阵没有正确地反映出发动机的特性,因此发动机的状态的估计精度降低。

[0009] 本发明是鉴于这样的状况而完成的,其目的在于,提供一种即使在发动机的特性发生了变化的情况下也能够高精度地估计该发动机的特性的发动机特性估计装置。另外,本发明的另一个目的在于提供一种能够高精度地估计发动机的状态的发动机状态估计装置。

[0010] 用于解决问题的方案

[0011] 为了解决上述问题,本发明的某个方式的发动机特性估计装置具备:第一计算部,其基于表示发动机的特性的第一计算模型和在任意的时间点向发动机供给的燃料供给量,来计算作为发动机的状态变量的第一发动机状态参数;第二计算部,其基于表示发动机的特性的与第一计算模型不同的第二计算模型以及与在任意的时间点被驱动的发动机的动作有关的动作数据,来计算作为发动机的状态变量的第二发动机状态参数;以及发动机特性估计部,其基于第一发动机状态参数和第二发动机状态参数来估计任意的时间点的发动机的特性。

[0012] 在该方式中,在第一计算部的计算中使用的燃料供给量是不受由经年劣化、进气温度等外部环境的变化引起的发动机的特性变化的影响的数据,因此,作为其计算结果的第一发动机状态参数不受发动机的特性变化的影响。与此相对地,在第二计算部的计算中使用的发动机的动作数据是受到发动机的特性变化的影响的数据,因此作为其计算结果的

第二发动机状态参数受到发动机的特性变化的影响。这样,通过使用发动机特性变化的影响不同的两种发动机状态参数,发动机特性估计部能够高精度地估计发动机的特性变化。此外,即使在发动机的特性没有变化的情况下,也能够通过同时使用计算模型不同的两个计算部来高精度地估计发动机的状态。

[0013] 本发明的另一方式是一种发动机特性估计方法。该方法包括以下步骤:第一计算步骤,基于表示发动机的特性的第一计算模型和在任意的时间点向发动机供给的燃料供给量,来计算作为发动机的状态变量的第一发动机状态参数;第二计算步骤,基于表示发动机的特性的与第一计算模型不同的第二计算模型以及与在任意的时间点被驱动的发动机的动作有关的动作数据,来计算作为发动机的状态变量的第二发动机状态参数;以及发动机特性估计步骤,基于第一发动机状态参数和第二发动机状态参数来估计任意的时间点的发动机的特性。

[0014] 本发明的另一方式是一种发动机状态估计装置。该装置具备:第一计算部,其基于表示发动机的特性的第一计算模型和在任意的时间点向发动机供给的燃料供给量,来计算作为发动机的状态变量的第一发动机状态参数;第二计算部,其基于表示发动机的特性的与第一计算模型不同的第二计算模型以及与在任意的时间点被驱动的发动机的动作有关的动作数据,来计算作为发动机的状态变量的第二发动机状态参数;以及发动机状态估计部,其基于第一发动机状态参数和第二发动机状态参数来估计任意的时间点的发动机的状态。

[0015] 根据该方式,通过同时使用计算模型不同的两个计算部,能够高精度地估计发动机的状态。

[0016] 此外,将以上的构成要素的任意的组合、本发明的表现在方法、装置、系统、记录介质、计算机程序等之间进行变换而得到的方式作为本发明的方式也是有效的。

[0017] 发明的效果

[0018] 根据本发明,即使在发动机的特性发生了变化的情况下,也能够高精度地估计该发动机的特性。另外,能够高精度地估计发动机的状态。

附图说明

[0019] 图1是示出实施方式所涉及的发动机特性估计装置的整体结构的图。

[0020] 图2是示出发动机的结构的图。

[0021] 图3是示出其它发动机的结构的图。

[0022] 图4是示出仿真器和观测器的结构的图。

[0023] 图5是示出发动机特性估计部的结构的图。

[0024] 图6是示出由发动机特性估计装置进行的发动机特性估计的处理流程的流程图。

[0025] 图7是示出由发动机特性估计装置进行的发动机特性估计的一例的示意图。

[0026] 附图标记说明

[0027] 100:发动机特性估计装置;110:仿真器;120:观测器;130:发动机特性估计部;131:差分运算部;140:计算模型更新部;150:计算模型更新模式执行部;200:发动机;210:发动机主体;220:进气通路;230:排气通路;240:增压器;X1:第一发动机状态参数;X2:第二发动机状态参数。

具体实施方式

[0028] 图1是示出本实施方式所涉及的发动机特性估计装置100的整体结构的示意图。首先,作为由发动机特性估计装置100进行特性估计的对象发动机200接受用每一次燃烧的燃料供给量U指定的量的燃料的供给而被驱动,来产生动力。而且,作为发动机200的状态变量的状态参数X0根据发动机200的动作状态而变化。在此,X0是包含多个参数的向量(将2以上的自然数n设为参数数量,将各参数表示为X01、X02、…、X0n)。关于选择什么来作为发动机200的状态参数X0,虽然能够根据发动机系统的控制目标或规格来适当决定,但典型地说优选选择发动机主体的转速、排气压力、排气温度、排气量等。另外,在使用提高向发动机主体流入的压力的增压器的情况下,优选在状态参数X0中包含增压器的参数,例如转速、供气温度、供气压力、供气量、扫气温度、扫气压力、扫气量等。

[0029] 此外,在本实施方式的发动机特性估计中,与发动机200向外部产生的动力相比,着眼于发动机200内部的状态参数X0更为重要,因此发动机200被图示为基于每一次燃烧的燃料供给量U的输入来输出状态参数X0的模块。

[0030] 发动机特性估计装置100是进行发动机200的特性估计的装置,具备作为第一计算部的仿真器110、作为第二计算部的观测器120、发动机特性估计部130、计算模型更新部140以及计算模型更新模式执行部150。

[0031] 仿真器110基于表示发动机200的特性的第一计算模型和在任意的时间点向发动机200供给的每一次燃烧的燃料供给量U,来计算作为发动机200的状态变量的第一发动机状态参数X1。在此,X1是包含多个参数的向量(与状态参数X0同样地,参数数量为n,将各参数设为X11、X12、…、X1n)。

[0032] 观测器120基于表示发动机200的特性的与第一计算模型不同的第二计算模型、和在任意的时间点被驱动的发动机200的动作有关的数据X0'以及每一次燃烧的燃料供给量U,来计算作为发动机200的状态变量的第二发动机状态参数X2。在此,X2是包含多个参数的向量(与状态参数X0同样地,参数数量为n,将向量的元素设为X21、X22、…、X2n)。

[0033] 向观测器120的输入即动作数据X0'是包含在发动机200的状态参数X0中的一部分(1以上且小于n)状态参数。在实际的发动机200中,由于成本和设置上的限制,设置用于测定状态参数X0中包含的所有n个参数的传感器并不现实,因此仅测定一部分参数X0'并设为向观测器120的输入。观测器120的基本功能是补全这一部分参数X0'并估计所有的状态参数X2。

[0034] 发动机特性估计部130基于第一发动机状态参数X1和第二发动机状态参数X2来估计任意的时间点的发动机200的特性。具体地说,运算第一发动机状态参数X1与第二发动机状态参数X2的差分,并基于该差分来估计发动机200的特性。

[0035] 计算模型更新部140基于由发动机特性估计部130估计出的发动机200的特性来更新观测器120的第二计算模型。

[0036] 计算模型更新模式执行部150执行用于由计算模型更新部140进行第二计算模型的更新的更新模式。

[0037] 接着,参照其它图来更为详细地说明上述的各结构。

[0038] 图2是示出发动机200的结构示意图。在本实施方式中,发动机200的用途没有限定,能够使用船舶用、车辆用、航空器用等的各种发动机200。发动机200具备:发动机主体

210,其通过燃料的燃烧来产生动力;进气通路220,其向发动机主体210供给用于使燃料燃烧的空气;排气通路230,其用于排出发动机主体210内的燃烧后的气体;以及增压器240,其用于提高通过进气通路220而被供给到发动机主体210内的空气的压力。

[0039] 发动机主体210具备:燃烧室211,其用于发生由空气引起的燃料的燃烧;燃料供给喷嘴212,其用于向燃烧室211内供给由每一次燃烧的燃料供给量U指定的量的燃料;进气阀213,其用于控制从进气通路220向燃烧室211的空气供给;排气阀214,其用于控制从燃烧室211向排气通路230的空气排出;活塞215,其根据燃烧室211内的燃料的燃烧而被直线地驱动;曲轴216,其伴随活塞215的直线上的运动而被进行旋转驱动;以及连接杆217,其一端被固定于活塞215,另一端被固定于曲轴216,用于将活塞215的直线运动转换为曲轴216的旋转运动。此外,上述设为通过燃料供给喷嘴212向燃烧室211内直接供给燃料的结构,但在使用汽油等挥发性高的燃料的情况下,也可以向进气通路220内喷射燃料,以与空气进行了混合的状态向燃烧室211内进行供给。

[0040] 在上述的结构中,发动机200通过以下的循环而被驱动。在此,发动机200由于上一次循环以前的驱动而处于动作状态,与因惯性而持续旋转的曲轴216的动作相应地,活塞215重复进行上升和下降。

[0041] (1) 进气:进气阀213打开,排气阀214关闭,活塞215下降,由此从进气通路220向燃烧室211内供给空气。

[0042] (2) 压缩:进气阀213关闭,活塞215上升,由此燃烧室211内的空气被压缩。

[0043] (3) 燃烧:从燃料供给喷嘴212向燃烧室211内供给由每一次燃烧的燃料供给量U指定的量的燃料,与被压缩的空气一起进行燃烧。由此产生动力,活塞215下降。

[0044] (4) 排气:排气阀214打开,活塞215上升,由此从燃烧室211向排气通路230排出燃烧后的气体。

[0045] 增压器240是所谓的涡轮增压器,具备设置在进气通路220中的压缩机241、设置在排气通路230中的涡轮242以及将压缩机241与涡轮242同轴地耦合的轴243。涡轮242由于从排气通路230排出的气体而进行旋转,该旋转经由轴243传递到压缩机241。通过像这样旋转的压缩机241对被供给到进气通路220中的空气进行压缩,因此能够提高被供给到燃烧室211内的空气的压力。

[0046] 此外,在图2中,列举将(1)进气、(2)压缩、(3)燃烧、(4)排气这四个冲程设为一次循环的所谓四冲程发动机为例并进行了说明,但在本实施方式中,发动机的类型不限于于此,能够使用各种类型的发动机。例如,能够使用图3所示的所谓的二冲程发动机(对与图2对应的构成要素标注相同的附图标记)。

[0047] 与上述的四冲程发动机同样地,二冲程发动机的发动机主体210通过燃烧室211内的燃料的燃烧而直线地驱动活塞215,并将该驱动转换为曲轴216的旋转动力。在两种类型的发动机中,主要的构造几乎是相同的,但二冲程发动机的一个不同点在于,在发动机主体210中设置有扫气通路219,该扫气通路219将收容曲轴216的曲轴箱218与燃烧室211连结。

[0048] 在活塞215下降的图示的状态下,气体能够在通过曲轴箱218、扫气通路219、燃烧室211以及排气通路230的路径中流通,曲轴箱218内的新空气通过扫气通路219而流入燃烧室211,并且利用其势头将燃烧后的气体向排气通路230排出(扫气)。

[0049] 接下来,如果活塞215上升,则将扫气通路219和排气通路230封闭,燃烧室211被密

封,从而其压力上升。然后,通过从燃料供给喷嘴212向成为高压的燃烧室211内供给燃料来引起燃烧,产生使活塞215再次下降的动力。另一方面,在活塞215上升时,曲轴箱218与进气通路220连通,新空气从进气通路220流入曲轴箱218内。这样,在活塞215上升时,燃烧室211内的燃烧和曲轴箱218内的进气同时进行。

[0050] 如上所述,在二冲程发动机中,以活塞215下降一次和上升一次共计两个冲程来完成一次循环。在这种二冲程发动机中,如果使用图2所示的增压器240,则能够提高活塞215上升时的向曲轴箱218施加的进气压力和活塞215下降时的向燃烧室211施加的扫气压力。

[0051] 此外,作为二冲程发动机,也可以使用如专利文献2所公开那样的具有收容扫气用的空气的扫气接收器的发动机。在该情况下,与图3的上述扫气的说明同样地,在活塞(41:专利文献2中的附图标记(以下相同))下降的状态下,气体能够在通过扫气接收器(2)、与曲轴箱218及扫气通路219对应的扫气口(17)、与燃烧室211对应的气缸(1)以及与排气通路230对应的排气管道(6)的路径中流通,扫气接收器内的新空气通过扫气口而流入气缸,并且利用其势头进行将燃烧后的气体向排气管道排出的扫气动作。另外,如果在这种结构中使用增压器240,则能够提高扫气接收器内的扫气的压力。

[0052] 如上所述,本实施方式能够应用于各种类型的发动机200,但应用于额定转速为每分钟1000转以下的船舶用发动机特别理想。通常,船舶用的发动机与车辆用的发动机相比,能够以如上述那样的低额定转速进行驱动。而且,特别是在大型的船舶中,由于直到由发动机产生的动力反映为船舶的实际的动作为止需要时间,因此要求正确的发动机驱动。这样,在船舶用发动机中,高精度地估计发动机的特性变化和状态来进行正确的驱动的要求高,优选使用本实施方式的发动机特性估计装置100。

[0053] 在此,作为由发动机特性估计装置100进行估计的发动机200的特性,例示以下的特性。

[0054] • 燃烧效率:燃烧室211内的燃烧效率。也称为热效率。

[0055] • 动力传递效率:扣除各机械部分的损耗后的有效转矩相对于由发动机主体210产生的转矩的比。也称为机械传递效率。

[0056] • 动态特性:考虑了多个参数间的时间的关系。压力对温度变化的响应性等。

[0057] • 增压器240的效率:压缩机241的效率、涡轮242的效率等。

[0058] • 干扰影响:发动机200所吸入的外部空气的温度(大气温度)、压力(大气压)、在船舶用发动机中由从作为驱动对象的螺旋桨流入的波浪等引起的负荷等。

[0059] 此外,上述干扰是对实际的发动机200的动作造成大的影响的重要的干扰,并且在与图4相关地在后面叙述的数学模型中,能够与其它特性同等地对待。

[0060] 在上述举例进行了说明的发动机200中,在其特性估计、控制中使用的状态参数X0例如能够由以下各参数构成。

[0061] 与发动机主体210的动作有关的参数:

[0062] • 曲轴216的转速(发动机主体210的转速 N_e)

[0063] • 从排气通路230排出的气体的温度(发动机主体210的排气温度 T_{ex})

[0064] • 从排气通路230排出的气体的压力(发动机主体210的排气压力 P_{ex})

[0065] • 从排气通路230排出的气体的流量(发动机主体210的排气量 G_{ex})

[0066] 与增压器240的动作有关的参数:

- [0067] • 压缩机241、涡轮242、轴243的转速(增压器240的转速 N_{tc})
- [0068] • 在不进行扫气动作的图2的四冲程发动机等中,经由增压器240从进气通路220向燃烧室211供给的空氣的温度(增压器240的供气温度 T_b)
- [0069] • 在不进行扫气动作的图2的四冲程发动机等中,经由增压器240从进气通路220向燃烧室211供给的空氣的压力(增压器240的供气压力 P_b)
- [0070] • 在不进行扫气动作的图2的四冲程发动机等中,经由增压器240从进气通路220向燃烧室211供给的空氣的流量(增压器240的供气量 G_b)
- [0071] • 在进行扫气动作的图3、专利文献2等的二冲程发动机中,从扫气通路219向燃烧室211供给的空氣的压力、扫气接收器內的空氣的温度(增压器240的扫气温度 T_s)
- [0072] • 在进行扫气动作的图3、专利文献2等的二冲程发动机中,从扫气通路219向燃烧室211供给的空氣的压力、扫气接收器內的空氣的压力(增压器240的扫气压力 P_s)
- [0073] • 在进行扫气动作的图3、专利文献2等的二冲程发动机中,从扫气通路219向燃烧室211供给的空氣的压力、扫气接收器內的空氣的流量(增压器240的扫气量 G_s)
- [0074] 此外,在没有设置增压器240的情况下,向燃烧室211进行的供气(四冲程发动机的情况)和对燃烧室211进行的扫气(二冲程发动机的情况)成为发动机主体210的动作,因此,上述的供气温度 T_b 、供气压力 P_b 、供气量 G_b 、扫气温度 T_s 、扫气压力 P_s 、扫气量 G_s 分别为与发动机主体210的动作有关的参数。

[0075] 上述的各参数均能够通过设置恰当的传感器来进行测定,但在实际的发动机200中,由于成本和设置上的限制,测定所有参数并不现实,测定一部分参数 X_0' 并设为向观测器120的输入。能够根据发动机系统的控制目标或规格来适当决定要测定的参数 X_0' 的选择,但例如优选按如下的基准进行选择。

[0076] 从与发动机主体210的动作有关的参数(发动机主体数据)以及与增压器240的动作有关的参数(增压器数据)中分别测定至少一个参数。作为发动机主体数据,能够例示先前列举的转速 N_e 、排气温度 T_{ex} 、排气压力 P_{ex} 以及排气量 G_{ex} 。作为增压器数据,能够例示先前列举的转速 N_{tc} 、供气温度 T_b (四冲程发动机的情况)、供气压力 P_b (四冲程发动机的情况)、供气量 G_b (四冲程发动机的情况)、扫气温度 T_s (二冲程发动机的情况)、扫气压力 P_s (二冲程发动机的情况)、扫气量 G_s (二冲程发动机的情况)。如果选择像这样测定出的参数,则能够由观测器120基于发动机主体210和增压器240各自的测定数据,高精度地估计发动机200的系统整体的状态。

[0077] 作为其它标准,从与发动机200的机械动作有关的参数(机械数据)以及与发动机200的热力学状态有关的参数(热力学数据)中分别测定至少一个参数。作为机械数据,能够例示先前列举的发动机主体210的转速 N_e 、增压器240的转速 N_{tc} 。作为热力学数据,能够例示先前列举的排气温度 T_{ex} 、排气压力 P_{ex} 、排气量 G_{ex} 、供气温度 T_b (四冲程发动机的情况)、供气压力 P_b (四冲程发动机的情况)、供气量 G_b (四冲程发动机的情况)、扫气温度 T_s (二冲程发动机的情况)、扫气压力 P_s (二冲程发动机的情况)、扫气量 G_s (二冲程发动机的情况)。如果选择像这样测定出的参数,则观测器120能够基于机械数据和热力学数据各自的测定数据,以考虑发动机200的机械的方面和热力学的方面的方式高精度地估计状态。

[0078] 在实际的设计中,选择同时满足上述两个标准的测定参数是理想的。例如,选择发动机主体210的转速 N_e 和增压器240的扫气压力 P_s 来作为测定参数即可。在此,转速 N_e 是发

动机主体数据且是机械数据,扫气压力 P_s 是增压器数据且是热力学数据,同时满足了上述两个基准。

[0079] 此外,基于发动机主体210的转速 N_e 的测定数据来设定向发动机200的驱动输入即每一次燃烧的燃料供给量 U 。即,在将发动机主体210的目标转速设为 N_{e0} 时,运算作为测定值的 N_e 与作为目标值的 N_{e0} 的差分,基于规定的表或算法来设定使该差分变小那样的每一次燃烧的燃料供给量 U 。

[0080] 接着,参照图4来说明仿真器110和观测器120的结构。

[0081] 仿真器110将向发动机200供给的每一次燃烧的燃料供给量 U 设为输入,基于第一计算模型来计算作为具有 n 个元素的向量的第一发动机状态参数 $X_1 = (X_{11}, X_{12}, \dots, X_{1n})$ 。在此,第一发动机状态参数 X_1 与发动机200的状态参数 X_0 的元素数相等, X_1 的各元素为 X_0 的各元素的估计值。例如,在发动机200的状态参数 X_0 的第一元素 X_{01} 为转速 N_e 、第二元素 X_{02} 为扫气压力 P_s 的情况下,第一发动机状态参数 X_1 的第一元素 X_{11} 为转速 N_e 的估计值,第二元素 X_{12} 为扫气压力 P_s 的估计值。

[0082] 仿真器110的第一计算模型表示发动机200的规定的基准时间点的发动机的特性,是对该基准时间点的发动机200的状态参数 X_0 进行仿真的模型。在此,在设定第一计算模型时,以不存在对发动机200的干扰的理想的状态为前提,因此,作为计算结果的第一发动机状态参数 X_1 表示基准时间点的发动机200的理想的状态参数 X_0 。作为用于规定第一计算模型的基准时间点,典型地选择发动机200的初始时间点。在该情况下,第一发动机状态参数 X_1 是对将从初始状态起没有特性劣化的理想的发动机200放置于无干扰的状态的情况下的理想的状态参数 X_0 进行仿真所得到的结果。

[0083] 接着,对发动机200的状态空间表达式以及具有与之对应的状态空间表达式的观测器120进行说明。在图4中,设为发动机200是由系统系数矩阵 A 定义的线性系统。具体地说,发动机200的状态通过以下式子来描述。

$$[0084] \quad dX_0/dt = A \cdot X_0 + B \cdot U$$

$$[0085] \quad X_0' = C \cdot X_0$$

[0086] 在此,各参数表示如下内容。

[0087] U : 向发动机200的燃料供给量

[0088] X_0 : 发动机200的状态参数

[0089] X_0' : 向观测器120的输入(如上所述,对状态参数 X_0 中包含的一部分动作参数进行测定而得到的)

[0090] A : 发动机200的系统系数矩阵

[0091] B : 向系统输入 U 的输入向量

[0092] C : 从 X_0 提取 X_0' 的输出向量

[0093] 此外,图示的发动机200的状态空间表达式示出上述式子。

[0094] 观测器120具有与上述发动机200相同的状态空间表达式。即,观测器120具有与发动机200相同的系统系数矩阵 A 、输入向量 B 、输出向量 C 。与发动机200之间的大的差异点在于,发动机200的动作数据 X_0' 经由观测器增益 H 被输入到观测器120。这样,观测器120具有由系统系数矩阵 A 和观测器增益 H 定义的第二计算模型,将每一次燃烧的燃料供给量 U 和动作数据 X_0' 设为输入来计算第二发动机状态参数 X_2 。

[0095] 第二发动机状态参数 X_2 是具有 n 个元素($X_{21}, X_{22}, \dots, X_{2n}$)的向量。与上述第一发动机状态参数 X_1 同样地,第二发动机状态参数 X_2 的元素数与发动机200的状态参数 X_0 的元素数相等, X_2 的各元素为 X_0 的各元素的估计值。例如,在发动机200的状态参数 X_0 的第一元素 X_{01} 为转速 N_e 、第二元素 X_{02} 为扫气压力 P_s 的情况下,第二发动机状态参数 X_2 的第一元素 X_{21} 为转速 N_e 的估计值,第二元素 X_{22} 为扫气压力 P_s 的估计值。

[0096] 与计算某个基准时间点的理想的状态参数 X_1 的仿真器110不同,观测器120计算发动机200的实时的状态参数 X_2 。此外,在测定发动机200的所有的状态参数 X_0 的情况下,不需要设置观测器120,但是测定所有参数是不现实的,因此使用观测器120来进行状态参数 X_2 的估计。

[0097] 此外,上述以发动机200为线性系统的情况为例进行了说明,但在非线性系统的情况下也同样能够构成观测器120。即,观测器120只要在第二计算模型中包含表示发动机200的系统特性的元素(在图4的例子中为系统系数矩阵)即可,发动机200是线性系统还是非线性系统在本实施方式中并不是本质性的内容。

[0098] 图5是示出发动机特性估计部130的结构示意图。发动机特性估计部130具备差分运算部131、绝对值运算部132、加权运算部133、加法部134以及阈值比较部135,将差分运算部131的差分运算结果设为发动机200的特性估计输出。

[0099] 差分运算部131对第一发动机状态参数 X_1 与第二发动机状态参数 X_2 的差分进行运算。具体地说,具有数量与 X_1 及 X_2 的元素数 n 相等的差分器131-1、131-2、 \dots 、131- n 。各差分器对 X_1 和 X_2 所对应的参数的差分 e_1, e_2, \dots, e_n 进行运算。如上述例子那样,在状态参数 X_0 的第一元素 X_{01} 为转速 N_e 、第二元素 X_{02} 为扫气压力 P_s 的情况下,第一差分器131-1对作为转速 N_e 的估计值的 X_{11} 与作为转速 N_e 的估计值的 X_{21} 的差分 e_1 进行运算,第二差分器131-2对作为扫气压力 P_s 的估计值的 X_{12} 与作为扫气压力 P_s 的估计值的 X_{22} 的差分 e_2 进行运算。这些差分运算结果 e_1, e_2, \dots, e_n 作为发动机200的特性估计输出而被提供给后级的计算模型更新部140。

[0100] 绝对值运算部132、加权运算部133、加法部134以及阈值比较部135根据这一系列的运算结果来触发后级的计算模型更新部140的计算模型更新处理。

[0101] 绝对值运算部132对来自差分运算部131的差分 e_1, e_2, \dots, e_n 各自的绝对值进行运算。

[0102] 加权运算部133对来自绝对值运算部132的 n 个运算结果乘以规定的权重 w_1, w_2, \dots, w_n 。在此,根据本实施方式的发动机特性估计中的各参数的重要度来适当设定各个权重。例如,在上述例子中,在发动机特性估计中与作为第二参数的扫气压力 P_s 相比更重视作为第一参数的转速 N_e 的情况下,优选将第一权重 w_1 设定为比第二权重 w_2 大。

[0103] 加法部134将来自加权运算部133的 n 个运算结果相加。

[0104] 阈值比较部135将来自加法部134的运算结果与规定的阈值进行比较。在来自加法部134的运算结果超过阈值的情况下,生成后级的计算模型更新部140的计算模型更新处理的触发信号 T 。

[0105] 如上所述,仅在来自差分运算部131的差分 e_1, e_2, \dots, e_n 满足了规定的基准的情况下生成针对计算模型更新部140的触发信号 T ,因此能够防止计算模型更新处理的频率变得过高,从而提高系统的稳定性。此外,阈值比较部135也能够构成为在来自加法部134的运算

结果超过阈值的状态持续了规定时间的情况下生成触发信号T。在该情况下,不会由于瞬间的异常值而生成触发信号T,因此系统的稳定性进一步提高。

[0106] 此外,上述的绝对值运算部132、加权运算部133、加法部134、阈值比较部135这一系列结构只不过是一例,只要是基于差分运算部131的差分运算结果 e_1 、 e_2 、 \dots 、 e_n 来生成针对计算模型更新部140的触发信号T的结构,就能够采用各种结构。例如,在多个差分运算结果中、只有某一个差分运算结果(例如 e_2)重要的情况下,也可以不考虑其它差分运算结果而仅基于这个差分运算结果的大小来生成触发信号T。在该情况下,不需要设置加权运算部133和加法部134。

[0107] 返回到图1,计算模型更新部140接收来自发动机特性估计部130的触发信号T,将来自发动机特性估计部130的特性估计输出 e_1 、 e_2 、 \dots 、 e_n 设为输入,基于规定的算法来更新观测器120的第二计算模型。如在图4中已说明的那样,第二计算模型是包括系统系数矩阵A和观测器增益H的计算模型。在此,计算模型更新部140基于规定的算法来更新系统系数矩阵A和观测器增益H中的至少一个。作为矩阵的系统系数矩阵A和作为向量的观测器增益H分别具有多个元素,因此只要更新其中的至少一个元素即可。

[0108] 特别是在应对发动机200的由经年劣化、进气温度等外部环境的变化引起的特性变化的情况下,优选更新系统系数矩阵A。在发动机200的特性发生了变化的情况下、即如上述所例示那样的燃烧效率、动力传递效率、动态特性、增压器效率、干扰影响等发生了变化的情况下,图4中的发动机200的系统系数矩阵A发生变化,因此只要与该变化相应地更新观测器120的系统系数矩阵A即可。由此,观测器120的第二计算模型反映发动机200的特性,因此能够提高由观测器120估计发动机200的状态时的状态估计精度。

[0109] 此外,能够使观测器120的第二计算模型更好地反映实际的发动机200的特性为目标来适当设计在由计算模型更新部140进行的计算模型更新处理中使用的算法。作为简单的例子,能够列举如下的试错型的算法。在该算法中,依次尝试预先准备的多个更新处理的选项,采用最大地改善了特性估计输出 e_1 、 e_2 、 \dots 、 e_n 的选项。另外,算法不限于预先编程好的算法,也可以设为能够通过与实际的处理结果相应的机器学习来更新算法。

[0110] 计算模型更新模式执行部150执行用于由计算模型更新部140进行第二计算模型的更新的更新模式。在没有执行更新模式的期间,即使从发动机特性估计部130生成了触发信号T,计算模型更新部140也不进行第二计算模型的更新。另一方面,如果在正执行更新模式的期间从发动机特性估计部130生成触发信号T,则计算模型更新部140基于特性估计输出 e_1 、 e_2 、 \dots 、 e_n 进行第二计算模型的更新。此外,既能够基于用户操作来执行更新模式,也能够以规定频率自动地执行更新模式。通过设置这样的专用的更新模式,能够防止计算模型更新处理的频率变得过高,从而提高系统的稳定性。另一方面,当然也能够设为以下结构:不设置这样的专用的更新模式,而在任意的时间点基于来自发动机特性估计部130的触发信号T随时进行第二计算模型的更新处理。

[0111] 图6示出由具有以上结构的发动机特性估计装置100进行的发动机特性估计的处理流程。

[0112] 在步骤S10中,判定是否由计算模型更新模式执行部150执行了更新模式。

[0113] 在执行了更新模式的情况下,在步骤S21中仿真器110计算第一发动机状态参数 X_1 ,在与之并行的步骤S22中观测器120计算第二发动机状态参数 X_2 。

[0114] 在步骤S30中,发动机特性估计部130对第一发动机状态参数 X_1 与第二发动机状态参数 X_2 的各元素的差分 e_1 、 e_2 、 \dots 、 e_n (特性估计输出)进行运算。

[0115] 在步骤S40中,发动机特性估计部130基于特性估计输出 e_1 、 e_2 、 \dots 、 e_n 来判定是否生成了针对计算模型更新部140的触发信号 T 。

[0116] 在生成了触发信号 T 的情况下,在步骤S50中,计算模型更新部140基于特性估计输出 e_1 、 e_2 、 \dots 、 e_n 进行观测器120的第二计算模型的更新。

[0117] 图7是示出由以上说明过的发动机特性估计装置100进行的发动机特性估计的一例的示意图。与图1同样地,将发动机200、仿真器110以及观测器120表示为将发动机200的状态参数设为输出的模块。另外,以下的说明是以没有对发动机200造成干扰影响的理想的状态为前提而进行的,但本实施方式同样也能够应用于有干扰的情况。

[0118] 图7的(A)示出发动机200的初始状态。

[0119] 发动机200通过表示其初始状态的特性的系统系数矩阵 A_0 来进行描述,对于每一次燃烧的燃料供给量 U 的输入,输出状态参数 X_0 。

[0120] 仿真器110基于表示初始状态的发动机200的特性的第一计算模型,根据每一次燃烧的燃料供给量 U 的输入来计算第一发动机状态参数。仿真器110正确地再现初始状态的发动机200,作为其输出的第一发动机状态参数与上述的初始状态下的发动机200的状态参数 X_0 一致。

[0121] 观测器120基于包含与初始状态的发动机200相同的系统系数矩阵 A_0 的第二计算模型,根据每一次燃烧的燃料供给量 U 和动作数据 X_0' 的输入来计算第二发动机状态参数。在此,观测器120基于系统系数矩阵 A_0 来估计发动机200的初始状态,如果假设其估计精度为100%,则第二发动机状态参数与上述初始状态下的发动机200的状态参数 X_0 一致。

[0122] 因而,在图7的(A)的初始状态下,发动机200、仿真器110以及观测器120的输出一致。而且,对仿真器110与观测器120的输出的差分进行运算的差分运算部131的输出为零。

[0123] 图7的(B)示出从初始状态起随着时间经过因劣化而导致发动机200的特性发生了变化的状态。

[0124] 由于发动机200的劣化,发动机200的系统系数矩阵从初始状态的 A_0 变化为 A_1 。另外,由于系统系数矩阵的变化,其状态参数也从初始状态的 X_0 变化为 X 。

[0125] 仿真器110的第一计算模型未从初始状态起改变。另外,向仿真器110的输入即每一次燃烧的燃料供给量 U 是与发动机200的劣化无关的驱动输入量,因此仿真器110的输出即第一发动机状态参数未从初始状态起改变而用 X_0 表示。

[0126] 观测器120的第二计算模型也未从初始状态起改变,包含发动机200的初始状态的系统系数矩阵 A_0 。另一方面,从发动机200向观测器120输入的动作数据 X' 受到了发动机200的劣化的影响,因此从初始状态下的向观测器120的输入 X_0' 起发生了变化。其结果,观测器120的输出即第二发动机状态参数变化为与初始状态的 X_0 不同的 X_2 。

[0127] 这样,在图7的(B)所示的劣化状态下,第一发动机状态参数 X_1 (等于 X_0)与第二发动机状态参数 X_2 (不同于 X_0)产生背离,差分运算部131的输出不为零($X_2 - X_0$)。这样,根据本实施方式的发动机特性估计装置100,能够基于该背离来估计发动机200的劣化、即从系统系数矩阵的 A_0 向 A_1 的变化。

[0128] 图7的(C)示出计算模型更新部140根据在图7的(B)中估计出的发动机200的劣化

进行了观测器120的更新处理的状态。计算模型更新部140基于在劣化状态下计算出的上述的背离数据 X_2-X_0 ，来估计发动机200劣化后的系统系数矩阵 A_1 ，将观测器120的第二计算模型中的系统系数矩阵从 A_0 更新为 A_1 。由此，观测器120的系统系数矩阵反映了劣化后的发动机200的特性，观测器120对发动机200的估计精度提高。在此，如果假设估计精度为100%，则观测器120的输出与发动机200的输出 X 完全一致。

[0129] 如上所述，根据本实施方式的发动机特性估计装置100，估计发动机200的劣化，并基于此进行观测器120的更新处理，由此能够提高发动机200的状态估计精度。

[0130] 此外，在图7的(C)的更新状态下，虽然在观测器120的输出 X 与仿真器110的输出 X_0 之间产生稳定的背离 $X-X_0$ ，但没有问题。在更新状态后，如果背离停留在 $X-X_0$ ，则可知发动机200没有发生进一步的劣化，因此不需要由计算模型更新部140进行进一步的计算模型更新，能够在该状态下正常地运用系统。另一方面，在发动机200中发生进一步的劣化且背离从 $X-X_0$ 起进一步发生了变化的情况下，由计算模型更新部140进行进一步的计算模型更新，由此观测器120的系统系数矩阵能够反映出最新的发动机200的特性。

[0131] 此外，在图7的(A)中，列举在初始状态下仿真器110的输出与观测器120的输出一致的情况为例并进行了说明，但仿真器110的输出与观测器120的输出也可以不同。在此，如果将仿真器110的初始输出设为 X_0 、将观测器120的初始输出设为 X ，则初始状态的背离表示为 $X-X_0$ 。这与在图7的(C)中说明过的存在稳定的背离 $X-X_0$ 的情况实质上相同。

[0132] 另外，为了在外观上消除如上所述的稳定的背离，也能够更新仿真器110的第一计算模型。即，在图7的(A)的初始时间点、图7的(C)的更新时间点等规定的基准时间点，在仿真器110的第一发动机状态参数 X_1 与观测器120的第二发动机状态参数 X_2 之间存在稳定的背离 X_2-X_1 的情况下，更新仿真器110的第一计算模型，由此将仿真器110的输出从 X_1 校正为 X_2 。由此，仿真器110的输出和观测器120的输出均为 X_2 ，因此能够在外观上消除上述的稳定的背离。

[0133] 优选的是，即使在像这样进行仿真器110的第一计算模型的更新的情况下，也继续保持与初始状态对应的第一计算模型。由于初始状态是在进行发动机200的特性估计或控制时的作为绝对基准的状态，因此优选预先设为能够始终进行参照。例如，在图7的(C)的更新状态下进行仿真器110的第一计算模型的更新的情况下，能够直接保持与初始状态对应的第一计算模型，并追加与更新状态对应的新的第一计算模型。在该情况下，仿真器110分别计算与初始状态对应的第一发动机状态参数以及与更新状态对应的第一发动机状态参数。然后，差分运算部131通过对各个第一发动机状态参数与第二发动机状态参数的差分进行运算，能够分别估计发动机200的从初始状态起的劣化以及从更新状态起的劣化。

[0134] 除了以上已说明的内容以外，本实施方式例如起到以下的作用和效果。

[0135] 在仿真器110的计算中使用的每一次燃烧的燃料供给量 U 是不受由经年劣化、进气温度等外部环境的变化引起的发动机200的特性变化的影响的数据，因此作为其计算结果的第一发动机状态参数 X_1 不受发动机200的特性变化的影响。与此相对地，在观测器120的计算中使用的发动机200的动作数据是受发动机200的特性变化的影响的数据，因此作为其计算结果的第二发动机状态参数 X_2 受发动机200的特性变化的影响。这样，通过使用发动机特性变化的影响不同的两种发动机状态参数 X_1 、 X_2 的差分即特性估计输出，发动机特性估计部130能够高精度地估计发动机200的特性变化(系统系数矩阵的从 A_0 向 A_1 的变化)。此

外,即使在发动机200的特性没有变化的情况下,也能够通过同时使用计算模型不同的两个计算部来高精度地估计发动机200的状态。

[0136] 通过使用表示发动机200的初始状态的特性的模型作为仿真器110的第一计算模型以及观测器120的第二计算模型,能够有效地估计发动机200的从初始状态起的特性变化。

[0137] 通过设置基于由发动机特性估计部130估计出的发动机200的特性来更新观测器120的第二计算模型的计算模型更新部140,即使在发动机200发生了劣化的情况下,也能够将由观测器120估计发动机200的状态时的精度维持得较高。

[0138] 在构成第一发动机状态参数X1和第二发动机状态参数X2的参数中,存在表示非线性的参数,但有时能够通过运算这些参数的差分来降低非线性。在本实施方式中,差分运算部131通过对第一发动机状态参数X1与第二发动机状态参数X2的差分进行运算,能够转换为降低了非线性的易于处理的形式来进行发动机200的特性估计。

[0139] 以上,基于实施方式说明了本发明。本领域技术人员能够理解的是:实施方式是例示,能够对这些各构成要素、各处理过程的组合进行各种变形,另外,这样的变形例也处于本发明的范围内。

[0140] 在本实施方式中,设为发动机特性估计部130具备对第一发动机状态参数X1与第二发动机状态参数X2的差分进行运算的差分运算部131、并基于该差分来估计发动机200的特性的结构,但也可以设为基于除此以外的运算来估计发动机200的特性的结构。例如,由于仿真器110与观测器120的输入数据及计算模型不同,因此在使用了X1与X2的单纯的差分的情况下也有可能无法使估计精度最大化。在该情况下,能够根据两者的输入数据及计算模型的不同来优化在发动机特性估计部130中进行特性估计的运算的函数。如果使这样的函数普遍化并设为 $f(X1, X2)$,则发动机特性估计部130能够理解为将X1和X2设为输入并输出特性估计输出 $f(X1, X2)$ 的运算部。在实施方式中说明过的差分运算的例子中, $f(X1, X2) = X2 - X1$ 。

[0141] 在实施方式中,说明了具备通过第一计算模型来计算第一发动机状态参数X1的作为第一计算部的仿真器110、通过第二计算模型来计算第二发动机状态参数X2的作为第二计算部的观测器120、以及基于X1和X2来估计发动机200的特性的发动机特性估计部130的发动机特性估计装置100,但也能够构成如下的发动机状态估计装置:不设置发动机特性估计部130,利用仿真器110和观测器120来估计发动机200的状态。根据该发动机状态估计装置,通过同时使用计算模型不同的两个计算部,能够高精度地估计发动机200的状态。例如,在估计扫气压力来作为发动机200的状态参数的情况下,由于其估计值包含在来自仿真器110的第一发动机状态参数X1和来自观测器120的第二发动机状态参数X2这两者中,因此通过运算这两个估计值的平均值等,能够高精度地估计扫气压力。一般来说,只要构成作为运算部的发动机状态估计部即可,该运算部根据各计算模型的不同来准备最适于发动机200的状态估计用的函数 $g(X1, X2)$,将X1和X2作为输入,并输出状态估计输出 $g(X1, X2)$ 。在运算上述平均值的例子中, $g(X1, X2) = (X1 + X2) / 2$ 。另外,发动机状态估计部也可以设为以下结构:以不仅包含X1和X2的瞬时数据还包含过去的固定期间的X1和X2的历史记录数据的方式进行基于 $g(X1, X2)$ 的运算。

[0142] 此外,在实施方式中说明过的各装置的功能结构能够通过硬件资源或软件资源或

者硬件资源与软件资源的协作来实现。作为硬件资源,能够利用处理器、ROM、RAM、其它LSI。作为软件资源,能够利用操作系统、应用程序等程序。

[0143] 本说明书所公开的实施方式中的多个功能分散地设置的实施方式也可以将该多个功能的一部分或全部集中地设置,相反,能够将集中地设置有多个功能的实施方式设置为使该多个功能的一部分或全部分散。无论功能是集中还是分散,只要构成为能够实现发明目的即可。

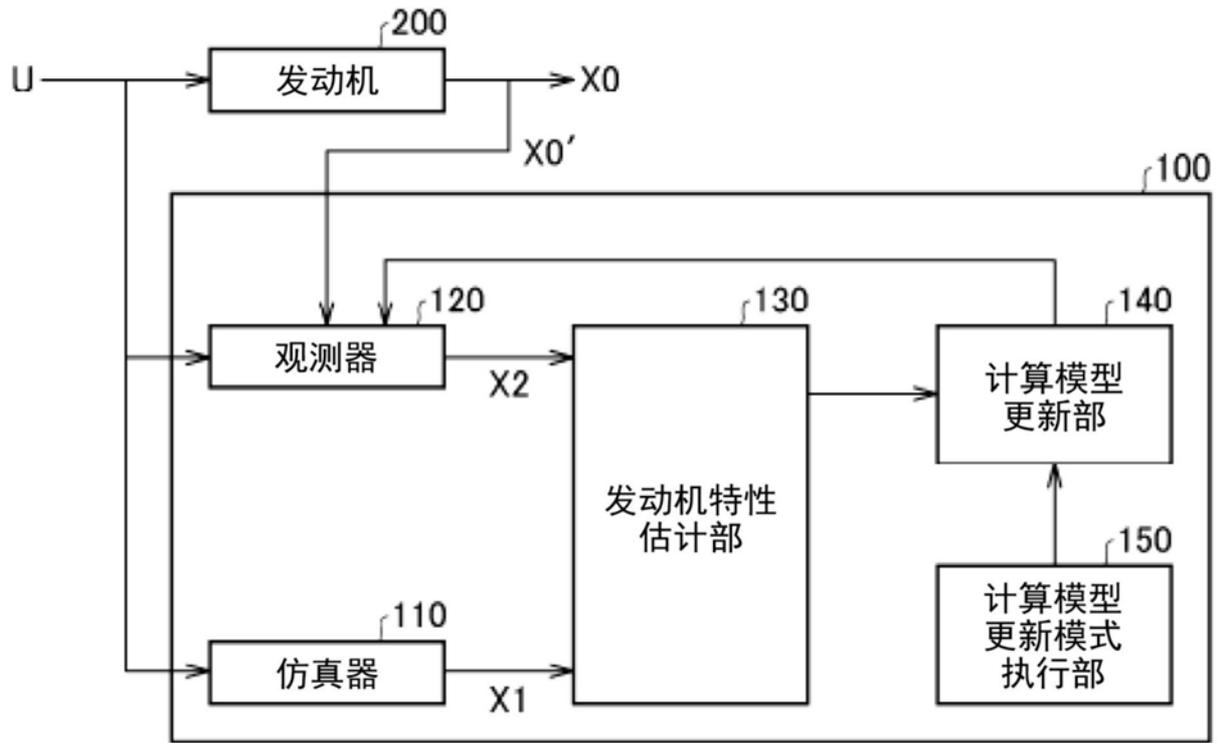


图1

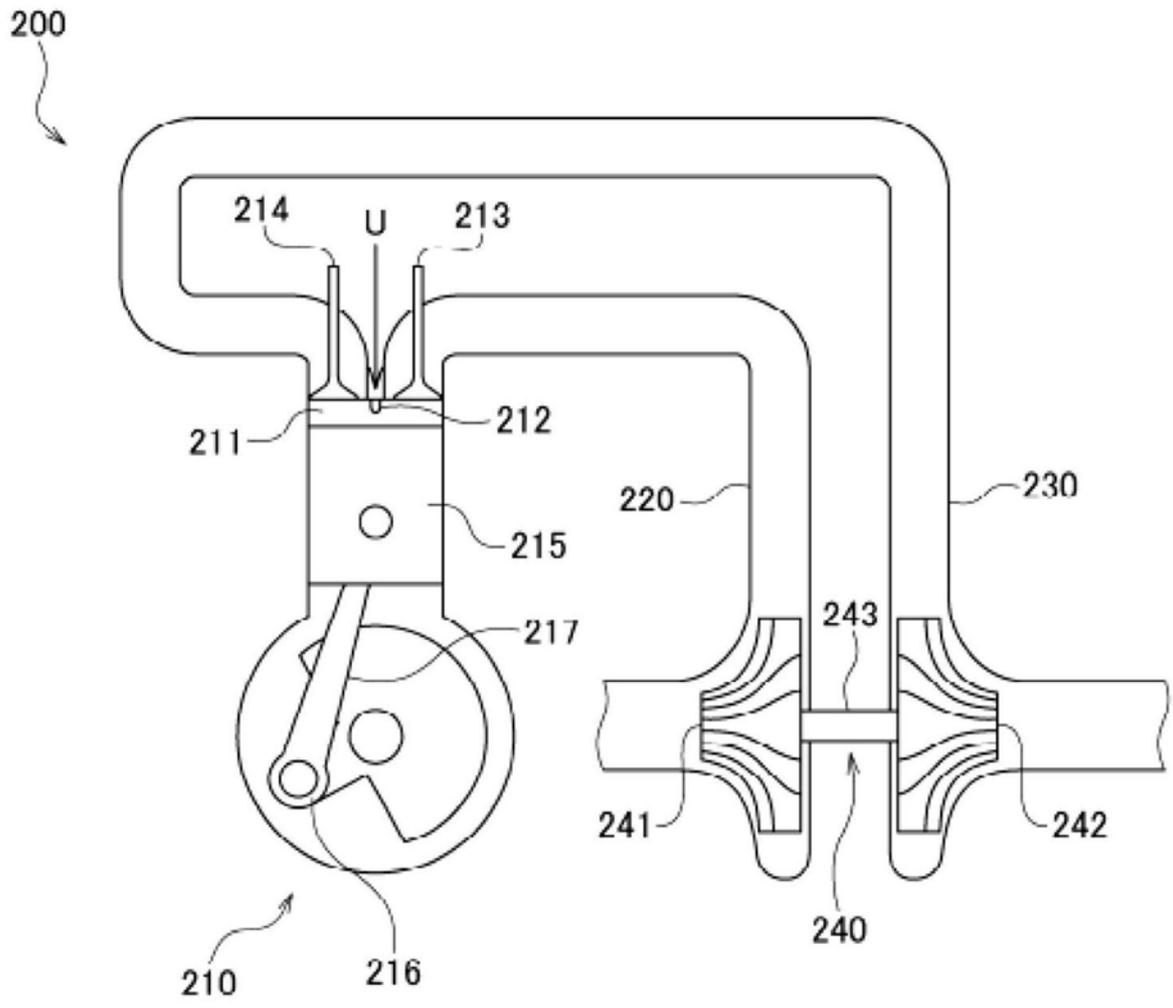


图2

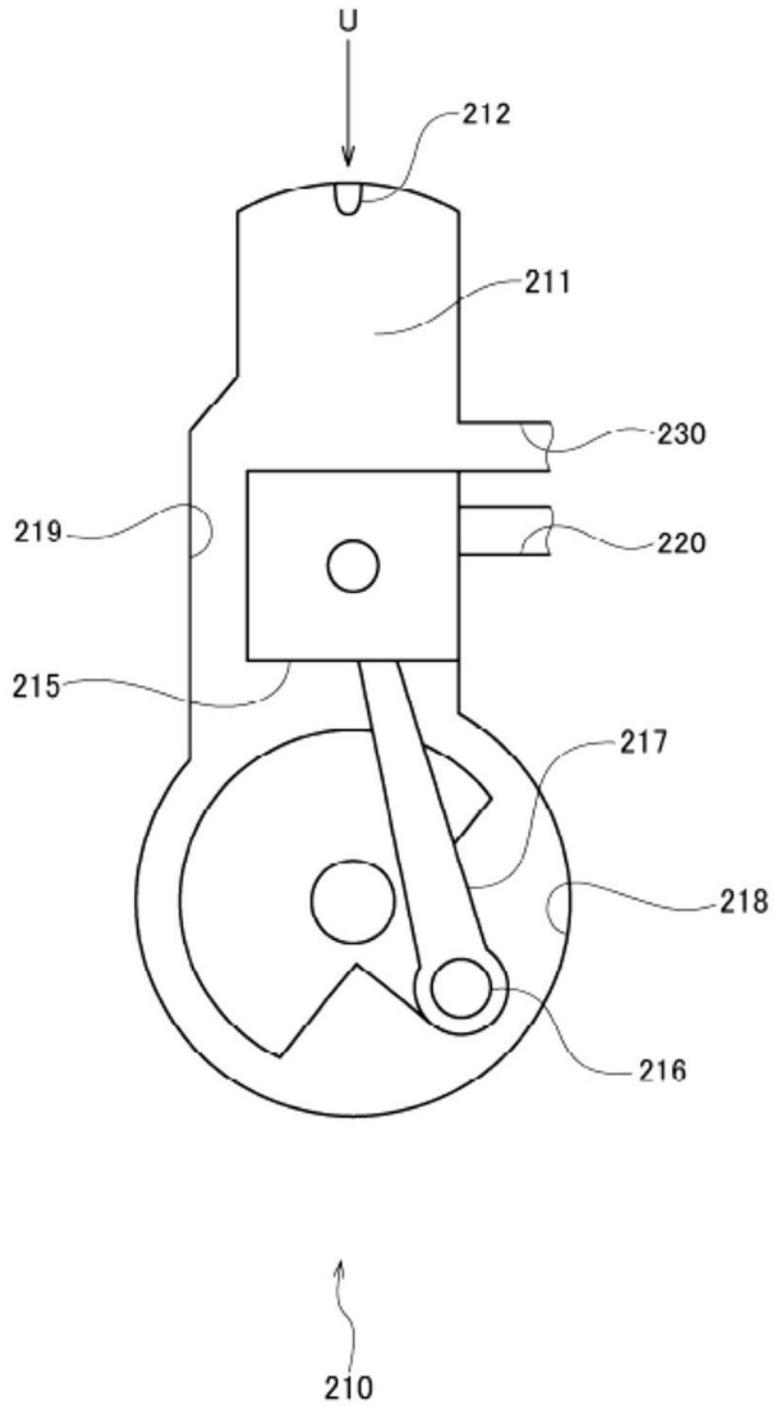


图3

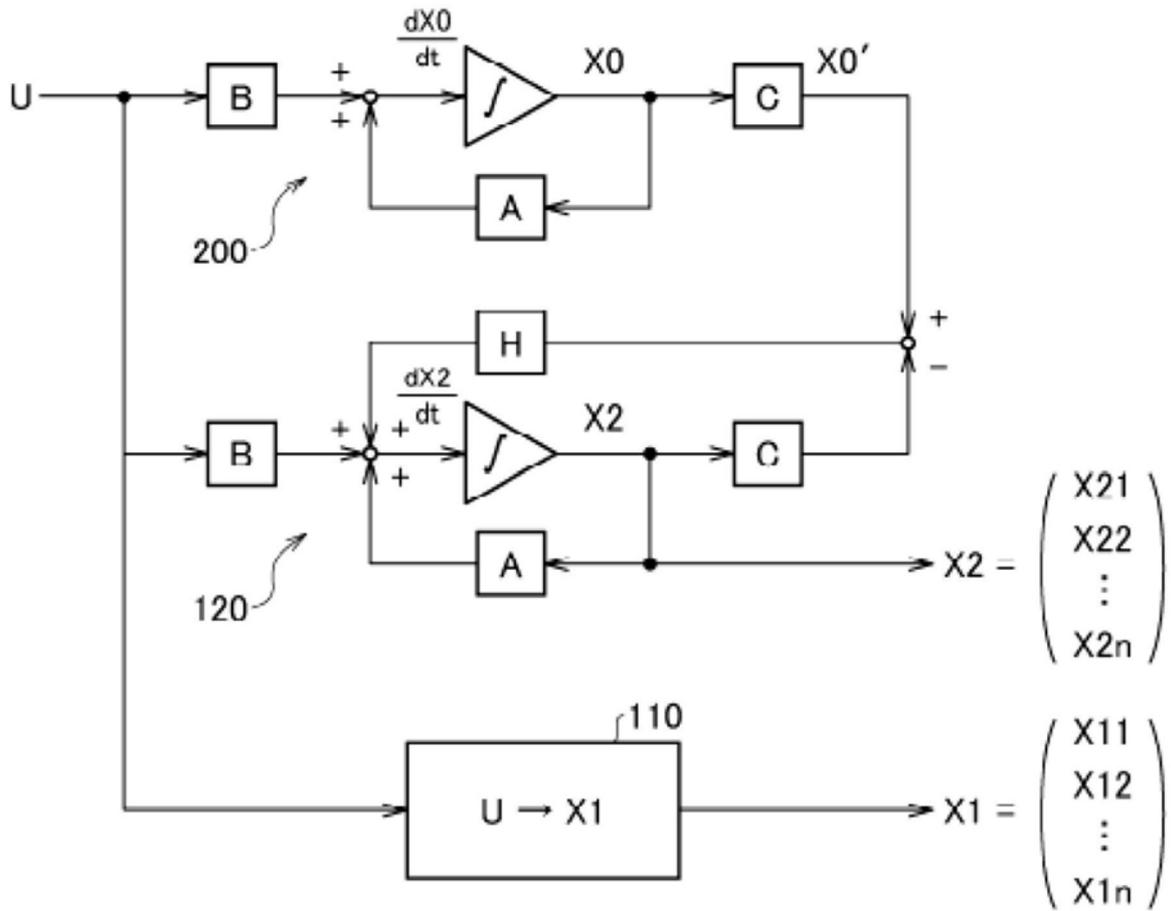


图4

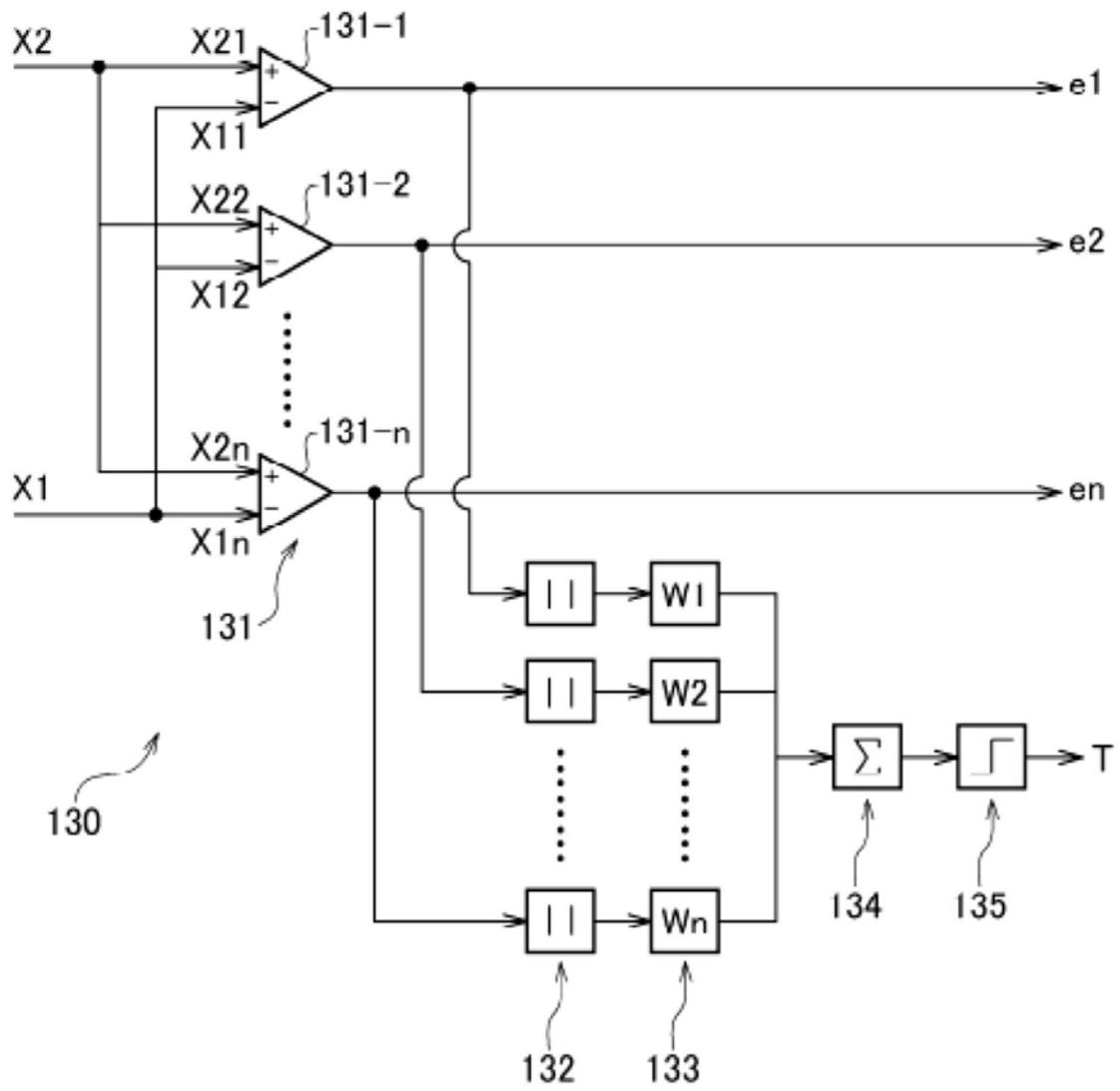


图5

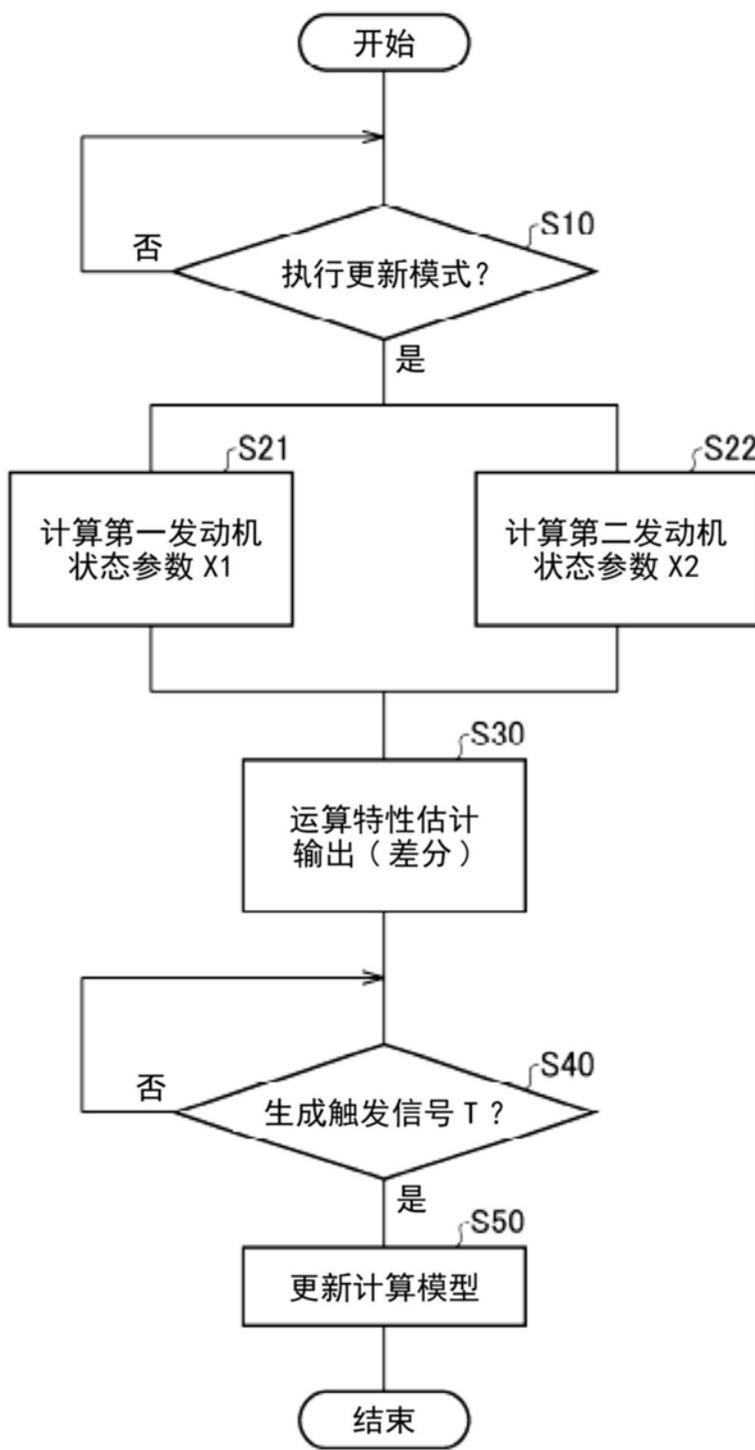


图6

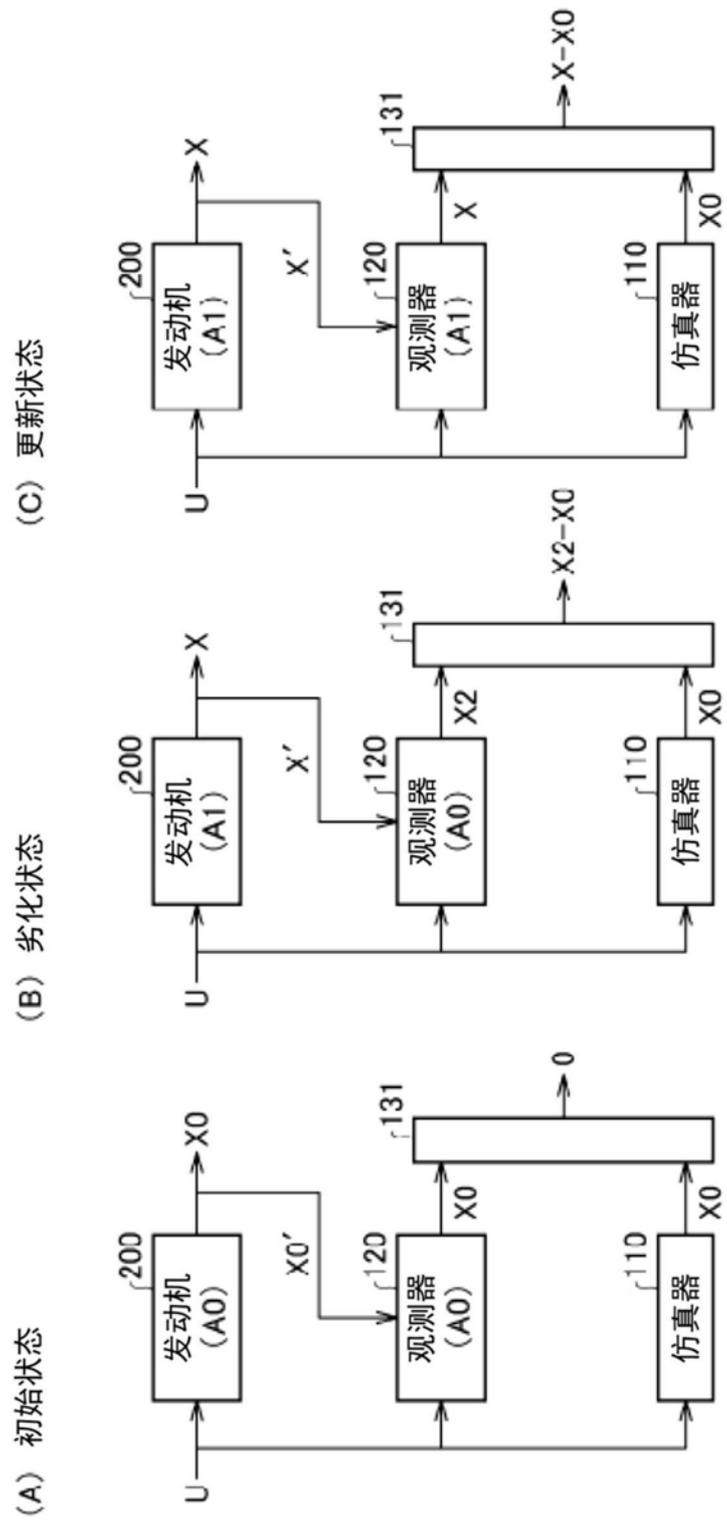


图7