



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 113874614 B

(45) 授权公告日 2023.06.02

(21) 申请号 202080037789.1

(22) 申请日 2020.05.22

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 113874614 A

(43) 申请公布日 2021.12.31

(30) 优先权数据
2019-095769 2019.05.22 JP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2021.11.19

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/JP2020/020426 2020.05.22

(87) PCT国际申请的公布数据
W02020/235689 JA 2020.11.26

(73) 专利权人 国立研究开发法人海上·港湾·
航空技术研究所
地址 日本国东京都
专利权人 纳博特斯克有限公司

(72) 发明人 奥雷克谢·邦达伦科 福田哲吾
北川泰士 出口诚 藤原真

(74) 专利代理机构 上海立群专利代理事务所
(普通合伙) 31291
专利代理师 杨楷 毛立群

(51) Int.Cl.
F02D 41/14 (2006.01)
F02D 41/04 (2006.01)
F02D 29/02 (2006.01)
B63H 21/21 (2006.01)
G05B 11/36 (2006.01)
G05B 13/02 (2006.01)

(56) 对比文件
US 7006909 B1, 2006.02.28
JP 2012167654 A, 2012.09.06
WO 2010074043 A1, 2010.07.01
US 2009198430 A1, 2009.08.06
JP 2012077758 A, 2012.04.19
JP 2012087808 A, 2012.05.10
JP 2010236513 A, 2010.10.21
JP 2011052578 A, 2011.03.17 (续)

审查员 杨佐美

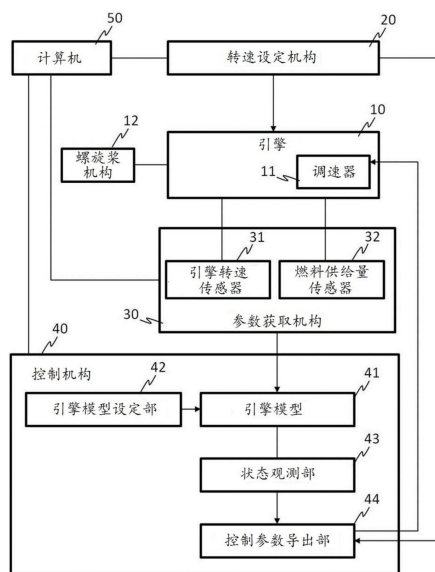
权利要求书2页 说明书11页 附图5页

(54) 发明名称

引擎控制方法、引擎控制系统以及船舶

(57) 摘要

本发明的课题在于提供一种通过前馈控制改善引擎性能的引擎控制方法、引擎控制系统以及搭载了引擎控制系统的船舶,该引擎控制方法执行:引擎模型设定步骤(S1),设定引擎模型(41);设定转速获取步骤(S2),获取引擎(10)的设定转速(n_{sp});参数获取步骤(S3),获取用于预测引擎(10)的负载变动的参数;状态观测步骤(S4),将参数应用至引擎模型(41),进行包括引擎(10)的负载变动的状态观测;控制参数导出步骤(S5),基于负载变动的预测结果和设定转速(n_{sp}),导出用于控制引擎(10)的前馈控制参数;引擎控制步骤(S6),将前馈控制参数应用于引擎(10)的控制。



CN 113874614 B

[接上页]

(56) 对比文件

JP 2011131692 A, 2011.07.07
JP 2018173025 A, 2018.11.08
JP H10184431 A, 1998.07.14
WO 2017097334 A1, 2017.06.15
JP 2012057523 A, 2012.03.22
JP 2011214471 A, 2011.10.27
JP 2010236463 A, 2010.10.21
JP 2019019783 A, 2019.02.07
JP 2013237392 A, 2013.11.28

US 8762022 B1, 2014.06.24

JP 2010236502 A, 2010.10.21

JP 2010236513 A, 2010.10.21

孙彬; 曾凡明; 李燕飞; 李天水; 秦久峰. 基于FNN的船舶电站柴油机转速前馈补偿控制研究. 武汉理工大学学报(交通科学与工程版). 2011, (第03期), 全文.

陈于涛; 曾凡明; 陈林根. 舰船柴油机并车推进装置增益调度自适应转速控制策略研究. 内燃机工程. 2012, (第03期), 全文.

1. 一种引擎控制方法,其特征在于,执行:
引擎模型设定步骤,设定引擎的引擎模型;
设定转速获取步骤,获取所述引擎的设定转速;
参数获取步骤,获取用于预测所述引擎的负载变动的参数;
状态观测步骤,将获取的所述参数应用于所述引擎模型,进行包括所述引擎的所述负载变动的状态观测;
控制参数导出步骤,基于由所述状态观测得到的所述负载变动的预测结果和所述引擎的所述设定转速,导出用于控制所述引擎的前馈控制参数;
引擎控制步骤,将导出的所述前馈控制参数应用于所述引擎的控制。
2. 如权利要求1所述的引擎控制方法,其特征在于,
在所述参数获取步骤中获取的所述参数是引擎转速和燃料供给量。
3. 如权利要求1或2所述的引擎控制方法,其特征在于,
在所述状态观测步骤中,基于将所述参数应用于所述引擎模型得到的引擎负载的推定结果,得到所述负载变动的所述预测结果。
4. 如权利要求1~3的任一项所述的引擎控制方法,其特征在于,
在所述控制参数导出步骤中,将所述负载变动的所述预测结果和所述设定转速应用于系统传递函数模型,导出所述前馈控制参数。
5. 如权利要求1~3的任一项所述的引擎控制方法,其特征在于,
在所述控制参数导出步骤中,基于卡尔曼滤波器对所述负载变动的所述预测结果和所述设定转速进行前馈补偿,导出所述前馈控制参数。
6. 如权利要求1~3的任一项所述的引擎控制方法,其特征在于,
在所述控制参数导出步骤中,基于模糊推理对所述负载变动的所述预测结果和所述设定转速进行前馈补偿,导出所述前馈控制参数。
7. 如权利要求1~6的任一项所述的引擎控制方法,其特征在于,
在所述引擎控制步骤中,向设置于所述引擎的调速器输出指令转速作为所述前馈控制参数。
8. 如权利要求1~7的任一项所述的引擎控制方法,其特征在于,
所述引擎的所述负载变动是因与所述引擎连结的螺旋桨的外部干扰而产生的变动。
9. 一种引擎控制系统,其特征在于,具备:引擎;转速设定机构,设定所述引擎的转速;参数获取机构,获取用于预测所述引擎的负载变动的参数;以及控制机构,所述控制机构具有:引擎模型设定部,设定所述引擎的引擎模型;状态观测部,将获取的所述参数应用于所述引擎模型,进行包含所述引擎的所述负载变动的状态观测;以及控制参数导出部,基于由所述状态观测得到的所述负载变动的预测结果和由所述转速设定机构设定的设定转速,导出用于控制所述引擎的前馈控制参数,所述控制机构基于导出的所述前馈控制参数来控制所述引擎。
10. 如权利要求9所述的引擎控制系统,其特征在于,
所述参数获取机构是引擎转速传感器和燃料供给量传感器。
11. 如权利要求9或10所述的引擎控制系统,其特征在于,
在所述状态观测部中,基于将所述参数应用于所述引擎模型而得到的引擎负载的推定

结果,得到所述负载变动的所述预测结果。

12. 如权利要求9~11的任一项所述的引擎控制系统,其特征在于,

在所述控制参数导出部中,将所述负载变动的所述预测结果和所述设定转速应用于系统传递函数模型,导出所述前馈控制参数。

13. 如权利要求9~11的任一项所述的引擎控制系统,其特征在于,

在所述控制参数导出部中,基于卡尔曼滤波器对所述负载变动的所述预测结果和所述设定转速进行前馈补偿,导出所述前馈控制参数。

14. 如权利要求9~11的任一项所述的引擎控制系统,其特征在于,

在所述控制参数导出部中,基于模糊推理对所述负载变动的所述预测结果和所述设定转速进行前馈补偿,导出所述前馈控制参数。

15. 如权利要求9~14的任一项所述的引擎控制系统,其特征在于,

所述控制机构以作为所述前馈控制参数的指令转速控制设置于所述引擎的调速器。

16. 一种船舶,其特征在于,

将权利要求9~15的任一项所述的引擎控制系统搭载至具有利用所述引擎驱动的螺旋桨机构的船舶。

17. 如权利要求16所述的船舶,其特征在于,

将因所述螺旋桨机构的外部干扰而产生的变动作为所述状态观测部中的所述引擎的所述负载变动来进行状态观测。

引擎控制方法、引擎控制系统以及船舶

技术领域

[0001] 本发明涉及能够改善引擎性能的引擎控制方法、引擎控制系统以及船舶。

背景技术

[0002] 根据EEDI (Energy Efficiency Design Index:能效设计指数) 规则、CO₂排放规则的强化,船用引擎具有相比于船舶的大小为小型化的倾向。随着引擎的小型化进一步发展,仅通过目前的由调速器进行的转速反馈控制,无法避免实际海域中的螺旋桨负载变动对引擎的不良影响。

[0003] 以往,根据负载变动的大小,改变调速器的增益来进行控制或者进行预先降低设定转速的调整,但无法做到使螺旋桨负载变动对引擎的影响变小而使油耗达到最佳的控制。

[0004] 在此,专利文献1中公开了一种船用引擎控制系统,在该船用引擎控制系统中,检测与主机连结的主轴的实际转速,在控制运算部中对转速指令以及实际转速的偏差实施PID运算,并将通过PID运算而得到的调速器指令输出至调速器,控制向主机供给的燃料量,进而将调速器指令以及实际转速输入至控制对象的观测器(observer)来推定螺旋桨流入速度变动,在运算部中使螺旋桨流入速度变动乘以规定增益来与转速指令相加,从而修正转速指令。

[0005] 此外,在专利文献2中公开有一种船舶的主机控制系统,通过模拟来计算相对于各种浪高、浪周期、对水船速、船舶的重量等的组合而考虑了船体运动的螺旋桨流入速度,根据计算出的螺旋桨流入速度的变动计算主机转速的变动并求出其标准偏差,将这些结果作为基准偏差数据库,参考基准偏差数据库并根据航行中的浪高、浪周期、对水船速、船舶的重量求出标准偏差来计算容许转速偏差,在控制部中进行主机的PID控制,设置增益不同的多个控制模式,基于比较部中的转速偏差和容许转速偏差的比较来切换控制部的控制模式。

[0006] 此外,在专利文献3中公开有一种船用引擎控制系统,将转速指令和实际测量的主轴或者主机的转速的偏差输入至PID运算部,对从燃料喷射装置供给至主机的燃料的量进行反馈控制,检测向螺旋桨的螺旋桨流入速度并输入至运算部,修正转速指令以使控制点与螺旋桨流入速度的变动相对应地沿着效率曲线移动。

[0007] 此外,专利文献4公开了一种引擎控制方法,使用通过引擎模型推定引擎状态的引擎状态观测器来控制具备排气阀和燃料调节机构的引擎,至少检测引擎的转速并输入至引擎状态观测器,通过引擎状态观察器至少推定过剩空气系数作为引擎状态,并基于推定的过剩空气系数至少控制排气阀来作为控制对象。

[0008] 现有技术文献

[0009] 专利文献

[0010] 专利文献1:日本特开2012-57523号公报

[0011] 专利文献2:日本特开2011-214471号公报

[0012] 专利文献3:日本特开2010-236463号公报

[0013] 专利文献4:日本特开2019-19783号公报

发明内容

[0014] 发明要解决的技术问题

[0015] 专利文献1~专利文献3均未对引擎进行前馈控制。

[0016] 此外,专利文献4推定过剩空气系数作为引擎状态并基于推定的过剩空气系数进行排气阀的控制,但并未发现关于前馈控制的详细说明。

[0017] 因此,本发明目的在于提供一种通过前馈控制改善引擎性能的引擎控制方法、引擎控制系统以及搭载了引擎控制系统的船舶。

[0018] 用于解决上述技术问题的方案

[0019] 在与方案1的记载对应的引擎控制方法中,其特征在于,执行以下步骤:引擎模型设定步骤,设定引擎的引擎模型;设定转速获取步骤,获取引擎的设定转速;参数获取步骤,获取用于预测引擎的负载变动的参数;状态观测步骤,将获取的参数应用于引擎模型,进行包括引擎的负载变动的状态观测;控制参数导出步骤,基于由状态观测得到的负载变动的预测结果和引擎的设定转速,导出用于控制引擎的前馈控制参数;引擎控制步骤,将导出的前馈控制参数应用于引擎的控制。

[0020] 根据方案1所记载的本发明,通过进行状态观测对引擎进行预测了负载变动的前馈控制,能够改善引擎性能。

[0021] 另外,设定引擎模型包括:在最初获取引擎模型的条件,并进一步获取模型内变量来构建引擎模型;获取已设定的引擎模型的模型内变量;与已输入模型参数的其他装置、计算机联动等。

[0022] 方案2所记载的本发明的特征在于,在参数获取步骤中获取的参数是引擎转速和燃料供给量。

[0023] 根据方案2所记载的本发明,能够提高由状态观测而得到的负载变动的预测结果的精度,进而提高前馈控制参数的精度。

[0024] 方案3所记载的本发明的特征在于,在状态观测步骤中,基于将参数应用于引擎模型而得到的引擎负载的推定结果,得到负载变动的预测结果。

[0025] 根据方案3所记载的本发明,能够将推定的引擎负载反映至负载变动的预测结果。

[0026] 方案4所记载的本发明的特征在于,在控制参数导出步骤中,将负载变动的预测结果和设定转速应用于系统传递函数模型,导出前馈控制参数。

[0027] 根据方案4所记载的本发明,通过使用系统传递函数模型,能够更高精度地导出前馈控制参数。

[0028] 方案5所记载的本发明的特征在于,在控制参数导出步骤中,基于卡尔曼滤波器对负载变动的预测结果和设定转速进行前馈补偿,导出前馈控制参数。

[0029] 根据方案5所记载的本发明,通过使用卡尔曼滤波器,能够更高精度地导出前馈控制参数。

[0030] 方案6所记载的本发明的特征在于,在控制参数导出步骤中,基于模糊(fuzzy)推理对负载变动的预测结果和设定转速进行前馈补偿,导出前馈控制参数。

[0031] 根据方案6所记载的本发明,通过使用模糊推理,能够更高精度地导出前馈控制参数。

[0032] 方案7所记载的本发明的特征在于,在引擎控制步骤中,向设置于引擎的调速器输出指令转速作为前馈控制参数。

[0033] 根据方案7所记载的本发明,通过加快引擎对负载变动的响应,减小无效的动作从而能够进行改善油耗的控制。

[0034] 方案8所记载的本发明的特征在于,引擎的负载变动是因与引擎连结的螺旋桨的外部干扰而产生的变动。

[0035] 根据方案8所记载的本发明,能够进行预测了对引擎的负载变动影响较大的螺旋桨负载变动的控制。

[0036] 另外,也能够将方案1~方案8任一项中的引擎模型设定步骤、设定转速获取步骤、参数获取步骤、状态观测步骤、控制参数导出步骤、引擎控制步骤作为计算机的程序来执行。此外,即使是记录了程序的计算机可读记录介质,也能够通过使计算机工作而发挥出相同的作用和效果。

[0037] 在与方案9的记载对应的引擎控制系统中,其特征在于,具备:引擎;转速设定机构,设定引擎的转速;参数获取机构,获取用于预测引擎的负载变动的参数;以及控制机构,该控制机构具有:引擎模型设定部,设定引擎的引擎模型;状态观测部,将获取的参数应用于引擎模型并进行包括引擎的负载变动的状态观测;以及控制参数导出部,基于由状态观测得到的负载变动的预测结果和由转速设定机构设定的设定转速,导出用于控制引擎的前馈控制参数,所述引擎控制系统基于导出的前馈控制参数来控制引擎。

[0038] 根据方案9所记载的本发明,通过进行状态观测对引擎进行预测了负载变动的前馈控制,能够改善引擎性能。

[0039] 方案10所记载的本发明的特征在于,参数获取机构是引擎转速传感器和燃料供给量传感器。

[0040] 根据方案10所记载的本发明,能够提高状态观测部中的负载变动的预测结果的精度,进而提高控制参数导出部中的前馈控制参数的导出精度。

[0041] 方案11所记载的本发明的特征在于,在状态观测部中,基于将参数应用于引擎模型而得到的引擎负载的推定结果,得到负载变动的预测结果。

[0042] 根据方案11所记载的本发明,能够将推定的引擎负载反映至负载变动的预测结果。

[0043] 方案12所记载的本发明的特征在于,在控制参数导出部中,将负载变动的预测结果和设定转速应用于系统传递函数模型,导出前馈控制参数。

[0044] 根据方案12所记载的本发明,通过使用系统传递函数模型,能够更高精度地导出前馈控制参数。

[0045] 方案13所记载的本发明的特征在于,在控制参数导出部中,基于卡尔曼滤波器对负载变动的预测结果和设定转速进行前馈补偿,导出前馈控制参数。

[0046] 根据方案13所记载的本发明,通过使用卡尔曼滤波器,能够更高精度地导出前馈控制参数。

[0047] 方案14所记载的本发明的特征在于,在控制参数导出部中,基于模糊推理对负载

变动的预测结果和设定转速进行前馈补偿,导出前馈控制参数。

[0048] 根据方案14所记载的本发明,通过使用模糊推理,能够更高精度地导出前馈控制参数。

[0049] 方案15所记载的本发明的特征在于,控制机构通过作为前馈控制参数的指令转速,控制设置于引擎的调速器。

[0050] 根据方案15所记载的本发明,通过加快引擎对负载变动的响应、减小无效的动作从而能够进行改善油耗的控制。

[0051] 在与方案16的记载对应的船舶中,在具有利用引擎驱动的螺旋桨机构的船舶上搭载引擎控制系统。

[0052] 根据方案16所记载的本发明,能够提供一种搭载有改善了引擎性能的引擎控制系统的船舶。

[0053] 方案17所记载的本发明的特征在于,将因螺旋桨机构的外部干扰而产生的变动作为状态观测部中的引擎的负载变动进行状态观测。

[0054] 根据方案17所记载的本发明,能够进行预测了对引擎的负载变动影响较大的螺旋桨负载变动的控制。

[0055] 发明效果

[0056] 根据本发明的引擎控制方法,通过进行状态观测从而对引擎进行预测了负载变动的前馈控制,能够改善引擎性能。

[0057] 此外,在参数获取步骤中获取的参数是引擎转速和燃料供给量的情况下,能够提高由状态观测得到的负载变动的预测结果的精度,进而提高前馈控制参数的精度。

[0058] 此外,在状态观测步骤中,基于将参数应用于引擎模型而得到的引擎负载的推定结果而得到负载变动的预测结果的情况下,能够将推定的引擎负载反映至负载变动的预测结果。

[0059] 此外,在控制参数导出步骤中,将负载变动的预测结果和设定转速应用于系统传递函数模型,导出前馈控制参数的情况下,能够通过使用系统传递函数模型,更高精度地导出前馈控制参数。

[0060] 此外,在控制参数导出步骤中,基于卡尔曼滤波器对负载变动的预测结果和设定转速进行前馈补偿并导出前馈控制参数的情况下,通过使用卡尔曼滤波器,能够更高精度地导出前馈控制参数。

[0061] 此外,在控制参数导出步骤中,基于模糊推理对负载变动的预测结果和设定转速进行前馈补偿并导出前馈控制参数的情况下,通过使用模糊推理,能够更高精度地导出前馈控制参数。

[0062] 此外,在引擎控制步骤中,向设置于引擎的调速器输出指令转速作为前馈控制参数的情况下,通过加快引擎对于负载变动的响应、减小无效的动作从而能够进行改善油耗的控制。

[0063] 此外,在引擎的负载变动是因与引擎连结的螺旋桨的外部干扰而产生的变动的情况下,能够进行预测了对引擎的负载变动影响较大的螺旋桨负载变动的控制。

[0064] 此外,根据本发明的引擎控制系统,通过进行状态观测而对引擎进行预测了负载变动的前馈控制,能够改善引擎性能。

[0065] 此外,在参数获取机构是引擎转速传感器和燃料供给量传感器的情况下,能够提高状态观测部中的负载变动的预测结果的精度,进而提高控制参数导出部中的前馈控制参数的导出精度。

[0066] 此外,在状态观测部中,基于将参数应用于引擎模型而得到的引擎负载的推定结果而得到负载变动的预测结果的情况下,能够将推定的引擎负载反映至负载变动的预测结果。

[0067] 此外,在控制参数导出部中,将负载变动的预测结果和设定转速应用于系统传递函数模型并导出前馈控制参数的情况下,通过使用系统传递函数模型,能够更高精度地导出前馈控制参数。

[0068] 此外,在控制参数导出部中,基于卡尔曼滤波器对负载变动的预测结果和设定转速进行前馈补偿并导出前馈控制参数的情况下,通过使用卡尔曼滤波器,能够更高精度地导出前馈控制参数。

[0069] 此外,在控制参数导出部中,基于模糊推理对负载变动的预测结果和设定转速进行前馈补偿并导出前馈控制参数的情况下,通过使用模糊推理,能够更高精度地导出前馈控制参数。

[0070] 此外,在控制机构以作为前馈控制参数的指令转速控制设置于引擎的调速器的情况下,通过加快引擎对于负载变动的响应、减小无效的动作从而能够进行改善燃烧的控制。

[0071] 此外,根据本发明的船舶,能够提供一种搭载有改善引擎性能的引擎控制系统的船舶。

[0072] 此外,在将因螺旋桨机构的外部干扰而产生的变动作为状态观测部中的引擎的负载变动来进行状态观测的情况下,能够进行预测了对引擎的负载变动影响较大的螺旋桨负载变动的控制。

附图说明

[0073] 图1是本发明的实施方式实现的引擎控制系统的框图。

[0074] 图2是其引擎控制方法的流程图。

[0075] 图3是使用系统传递函数模型作为其前馈控制的例子的情况的说明图。

[0076] 图4是使用卡尔曼滤波器作为其前馈控制的例子的情况的说明图。

[0077] 图5是使用模糊推理作为其前馈控制的例子的情况的说明图。

具体实施方式

[0078] 以下,对由本发明的实施方式实现的引擎控制方法、引擎控制系统以及船舶进行说明。

[0079] 图1是本实施方式实现的引擎控制系统的框图。

[0080] 引擎控制系统具备:引擎10,设置有调速器11;转速设定机构20,设定引擎10的转速;参数获取机构30,获取用于预测引擎10的负载变动的参数;控制机构40。

[0081] 控制机构40具有:引擎模型设定部42,设定引擎10的引擎模型41;状态观测部43,将获取的参数应用于引擎模型41并进行包括引擎10的负载变动在内的状态观测;控制参数导出部44,基于由状态观测得到的负载变动的预测结果以及由转速设定机构20设定的设定

转速,导出用于控制引擎10的前馈控制参数。

[0082] 引擎控制系统被搭载于具有由引擎10驱动的螺旋桨机构(螺旋桨)12的船舶上。

[0083] 引擎控制系统基于控制参数导出部44导出的前馈控制参数来控制引擎10。通过进行状态观测对引擎10进行预测了负载变动的前馈控制,能够改善引擎性能。

[0084] 参数获取机构30具有:引擎转速传感器31,检测引擎10的引擎转速(引擎速度);燃料供给量传感器32,检测对引擎10的燃料供给量。另外,燃料供给量的检测包括燃料泵架位置的检测、燃料流量测量等。

[0085] 转速设定机构20、参数获取机构30以及控制机构40经由接口与具有引擎控制程序的计算机50连接。

[0086] 另外,计算机50能够包含控制机构40的一部分或者全部。在计算机50包含控制机构40的一部分的情况下,其他部分使用其他计算机或硬件电路构成。

[0087] 图2是本实施方式实现的引擎控制方法的流程图。

[0088] 首先,使用引擎模型设定部42设定引擎10的引擎模型41(引擎模型设定步骤S1)。

[0089] 引擎模型41是将表示引擎10的各个构成元件的响应的物理模型组合而得的模型。物理模型中具有以数学形式体现引擎10的构成元件的状态的物理数学模型、机械学习(ML)模型、非线性回归(NLR)模型、传递函数(TF)模型等。在此,物理数学模型只要是生成模型的数据就能够真实地重现引擎10。此外,机械学习(ML)模型的构成略为复杂,只要测量机构40的测量精度充分且具有生成模型的数据,就能够真实地重现引擎10。非线性回归(NLR)模型的构成较为简单,即便测量机构30得到较多的测量值其精度也略差。传递函数(TF)模型的构成较为简单,根据主机10的构成元件(例如,冷却器等)的不同有时也是充分的。这些模型各有利弊,期望根据能够获得的数据项目和数量来区分使用。

[0090] 在此,以仅由船用内燃机引擎的物理数学模型构成物理模型的例子作为代表例来进行说明。

[0091] 首先,例举用于引擎转速的调速的调速器11的模型。调速器11根据决定的控制设定来确定用于产生引擎扭矩的燃料投入量,在将机械式调速器设为对象的情况下,多数是由包含有控制上的设定所反映的时间常数、比例增益系数的一阶微分方程式表示的模型,在电子调速器的情况下则为遵循PID控制规则的模型。引擎扭矩产生模型是将由燃料燃烧产生的引擎扭矩模型化,一般是由调速器模型输出的燃料投入量、引擎转速以及增压机转速为变量,减去产生的动力扭矩和轴类的摩擦而得的模型。在未测量增压机转速的情况下通过增压机转速模型来计算数值。多为通过将增压机的涡轮扭矩和压缩机扭矩设为外力项的轴运动微分方程式求出该模型,在涡轮扭矩和压缩机扭矩的计算中进行考虑了燃烧室的扫气以及排气的特征方程式的计算。在这些计算中,有对各个气缸单独处理燃烧问题的计算法,也有以1个旋转循环的平均值代表所有气缸的燃烧问题来处理的计算法。通过将引擎扭矩和螺旋桨扭矩等外力负载扭矩设为外力项的推进轴类的轴运动微分方程式,求出引擎转速的响应模型。

[0092] 在由物理数学模型构成船用内燃机引擎的物理模型的情况下一般为以上构成。

[0093] 另外,引擎模型设定部42能够不包含于控制机构40,而是由其他计算机等构成,使用该引擎模型设定部42预先对控制机构40设定引擎模型41。

[0094] 在控制机构40由计算机(包含由计算机50构成的情况)构成的情况下,引擎模型设

定部42包括:获取引擎模型41的所输入的条件,进而获取模型内变量来构建并设定引擎模型41;获取并设定已设定的引擎模型41的所输入模型内变量;与还输入了模型参数的其他计算机、装置的引擎模型41联动。

[0095] 为了鉴定模型内变量(系数、常数),使用与引擎10同型号的引擎的陆地运转结果等可在船舶下水前收集的数据、或者能够在下水后获取的数据。通过使用在下水后获取的数据并更新模型内变量,能够应对引擎控制系统的逐年劣化。

[0096] 接下来,获取通过转速设定机构20设定的引擎10的设定转速(设定转速获取步骤S2)。

[0097] 将获取的设定转速向控制机构40发送。

[0098] 接下来,使用参数获取机构30,获取用于预测引擎10的负载变动的参数(参数获取步骤S3)。

[0099] 在参数获取步骤S3中获取的参数优选为通过引擎转速传感器31获取的引擎转速、和通过燃料供给量传感器32获取的对引擎10的燃料供给量。由此,能够提高由状态观测得到的负载变动的预测结果的精度,进而提高前馈控制参数的精度。另外,引擎转速传感器31可以采用对引擎10的转速直接检测(光电耦合器、旋转编码器等)、或者间接检测(螺旋桨轴旋转仪等)的各种传感器。

[0100] 接下来,在状态观测部43中,将使用参数获取机构30获取的参数应用于引擎模型41,进行计算并进行包括引擎10的负载变动在内的状态观测(状态观测步骤S4)。

[0101] 在状态观测部43中,优选为基于将参数应用于引擎模型41而得到的引擎负载的推定结果,得到负载变动的预测结果。由此,能够将推定的引擎负载反映至负载变动的预测结果。

[0102] 此外,在本实施方式中,引擎10的负载变动作为因与引擎10连结的螺旋桨机构12的外部干扰而产生的变动。由此,能够进行预测了对引擎10的负载变动影响较大的螺旋桨负载变动的控制。

[0103] 接下来,使用控制参数导出部44,基于由状态观测部43中的状态观测得到的负载变动的预测结果和引擎10的设定转速,导出用于控制引擎10的前馈控制参数(控制参数导出步骤S5)。

[0104] 接下来,控制机构40将导出的前馈控制参数应用至引擎10的控制(引擎控制步骤S6)。

[0105] 作为引擎10的控制,例如控制参数导出部44导出指令转速作为前馈控制参数,控制机构40以作为前馈控制参数的指令转速来控制设置于引擎10的调速器11。由此,通过加快引擎10对于负载变动的响应、减小无效的动作从而能够进行改善能耗的控制。

[0106] 另外,导出指令转速作为前馈控制参数来控制调速器11是指,将由转速设定机构20设定的引擎10的设定转速替换为指令转速来进行预测控制。

[0107] 图3是是使用系统传递函数模型作为本实施方式实现的前馈控制的例子的情形的说明图。

[0108] 图3的(a)示出引擎控制系统的构成。另外,对于螺旋桨机构12、转速设定机构20、参数获取机构30、引擎模型设定部42以及计算机50省略图示。

[0109] 向引擎模型41以及状态观测部43输入有由参数获取机构30获取的引擎10的参数

(引擎转速 n_e 、燃料供给量 h_p 、增压器转速 n_{TC} 、扫气压 P_s 以及平均有效压力 P_e)。另外,可以使用引擎模型41推定增压器转速 n_{TC} 、扫气压 P_s 以及平均有效压力 P_e 。

[0110] 状态观测部43将获取的参数应用于引擎模型41并进行状态观测,输出螺旋桨流入速度(螺旋桨外部干扰)的推定值 u_p (在“u”的上部标记“~”)作为引擎10的负载变动的预测结果。

[0111] 控制参数导出部44将螺旋桨流入速度的推定值 u_p (在“u”的上部标记“~”)和设定转速应用于系统传递函数模型,并导出前馈控制参数。通过使用系统传递函数模型,能够更高精度地导出前馈控制参数,有助于油耗的改善等。

[0112] 图3的(b)是示出系统传递函数模型的图。在图3的(b)中,“ n_{sp} ”是引擎10的设定转速,“FF”是前馈滤波器,“ W_G ”是调速器响应(传递)功能,“ W_h ”是从调速器所输出的燃料供给量 h_p 向引擎转速 n_e 的传递函数,“ W_u ”是从外部干扰 u_p (在“u”的上部标记“~”)向引擎转速 n_e 的传递函数,“ W_{nt} ”是从增压机向引擎转速 n_e 的传递函数,“ W_{ne} ”是从引擎转速 n_e 向增压机的传递函数,“ W_{th} ”是从调速器11向增压机的传递函数。

[0113] 通过使传递函数 W_{ss} 乘以状态 X 求出输出 Y 。此外,通过使传递函数 W_{ss} 的倒数乘以螺旋桨流入速度的推定值 u_p (在“u”的上部标记“~”)求出设定转速 n_{sp} 的控制值 Δn_{sp} 。

[0114] 控制机构40将作为前馈控制参数的指令转速 n_{order} 发送至调速器11。调速器11基于指定转速 n_{order} ,调整燃料供给量 h_p 。由此,补偿因螺旋桨流入速度 u_p 的变动而产生的外部干扰使增压器的速度稳定。该情况对燃料消耗量产生较大的影响。此外,控制机构40调整控制参数导出部44的前馈滤波器的增益,能够减少对引擎转速 n_e 的不良影响。这里,增益是决定是否较大地改变作为控制参数的控制值 Δn_{sp} 的值(比例增益)。

[0115] 图4是使用卡尔曼滤波器作为本实施方式实现的前馈控制的例子的情形的说明图。另外,对于螺旋桨机构12、转速设定机构20、参数获取机构30、引擎模型设定部42以及计算机50省略图示。

[0116] 向引擎模型41以及状态观测部43输入有通过参数获取机构30获取的引擎10的参数(引擎转速 n_e 、燃料供给量 h_p 、增压器转速 n_{TC} 、扫气压 P_s 以及平均有效压力 P_e)。另外,可以使用引擎模型41的计算结果来推定增压器转速 n_{TC} 、扫气压 P_s 以及平均有效压力 P_e 。

[0117] 状态观测部43将获取的参数应用至引擎模型41并通过计算进行状态观测,输出螺旋桨流入速度(螺旋桨外部干扰)的推定值 u_p (在“u”的上部标记“~”)作为引擎10的负载变动的预测结果。

[0118] 控制参数导出部44基于卡尔曼滤波器对螺旋桨流入速度的推定值 u_p (在“u”的上部标记“~”)和设定转速 n_{sp} 进行前馈补偿,导出前馈控制参数。通过使用卡尔曼滤波器,能够更高精度地导出前馈控制参数,有助于油耗的改善等。另外,作为卡尔曼滤波器能够使用扩展卡尔曼滤波器(EKF)或者无迹卡尔曼滤波器(UKF)等。

[0119] 通过下式(1)导出前馈控制参数。

[0120] [数1]

$$\begin{aligned}
 h'_p|_i &= h'_p|_{i-1} + K_G [n_{sp} - F(\tilde{u}_p, h_p)] \\
 K_G &= P_{i-1} A_{i-1}^T [A_{i-1} P_{i-1} A_{i-1}^T + R]^{-1} \\
 P_i &= [I - K_G A_{i-1}] P_{i-1} \\
 A_{i-1} &= \left. \frac{\partial F(\tilde{u}_p, h_p)}{\partial h_p} \right|_{\tilde{u}_{p_{i-1}}}
 \end{aligned} \quad \dots (1)$$

[0122] 这里, h'_p 是燃料供给量修正值, K_G 是卡尔曼增益, P_i 是状态共分散。

[0123] 控制机构40将作为前馈控制参数的指令转速 n_{order} 发送至调速器11。调速器11将由转速设定机构20设定的设定转速替换为预测控制指令转速 n_{order} , 调整燃料供给量 h_p 。由此, 能够补偿因螺旋桨流入速度 u_p 的变动而产生的外部干扰。

[0124] 图5是使用模糊推理作为本实施方式实现的前馈控制的例子的情形的说明图。

[0125] 图5的 (a) 示出引擎控制系统的构成。另外, 对于螺旋桨机构12、转速设定机构20、参数获取机构30、引擎模型设定部42以及计算机50省略图示。

[0126] 向引擎模型41以及状态观测部43输入有通过参数获取机构30获取的引擎10的参数(引擎转速 n_e 、燃料供给量 h_p 、增压器转速 n_{TC} 、扫气压 P_s 以及平均有效压力 P_e)。另外, 可以使用引擎模型41的计算结果推定增压器转速 n_{TC} 、扫气压 P_s 以及平均有效压力 P_e 。

[0127] 状态观测部43将获取的参数应用于引擎模型41, 通过计算进行状态观测, 输出螺旋桨流入速度(螺旋桨外部干扰)的推定值 u_p (在“u”的上部标记“~”)作为引擎10的负载变动的预测结果。

[0128] 控制参数导出部44基于模糊推理对螺旋桨流入速度的推定值 u_p (在“u”的上部标记“~”)和设定转速 n_{sp} 进行前馈补偿, 导出前馈控制参数。通过使用模糊推理, 能够更高精度地导出前馈控制参数, 有助于油耗的改善等。

[0129] 图5的 (b) 是示出基于模糊推理的前馈控制参数的导出的图。在图5的 (b) 中, “&” 是和 (AND) 运算, “||” 是或 (OR) 运算。

[0130] 控制参数导出部44将引擎扭矩和螺旋桨扭矩组合, 基于螺旋桨扭矩和引擎扭矩的不均衡使用模糊推理导出前馈控制参数。

[0131] 控制机构40将作为前馈控制参数的指令转速 n_{order} 发送至调速器11。调速器11将由转速设定机构20设定的设定转速替换为指定转速 n_{order} 来调整燃料供给量 h_p 。通过变更指令转速 n_{order} , 能够补偿因螺旋桨流入速度 u_p 的变动而产生的外部干扰。

[0132] 另外, 在上述例子中, 使用螺旋桨流入速度(螺旋桨外部干扰)的推定值 u_p 作为引擎10的负载变动的预测结果, 但也能够直接测量并使用螺旋桨流入速度 u_p 来导出前馈控制参数。

[0133] 以上的说明是用于说明本公开内容的典型的实施方式的说明, 并不用于限定本发明。本公开内容可以通过与本说明书明确记载的方式所不同的方式来实现, 可以由本领域技术人员在与权利要求一致的范围内实现各种修正、优化以及变形。

[0134] [附注]

[0135] 另外, 本发明可以如下所述地体现。

- [0136] (附注1)
- [0137] 一种引擎控制程序,其特征在于,使计算机执行以下步骤:
- [0138] 引擎模型设定步骤,设定引擎的引擎模型;
- [0139] 设定转速获取步骤,获取所述引擎的设定转速;
- [0140] 参数获取步骤,获取用于预测所述引擎的负载变动的参数;
- [0141] 状态观测步骤,将获取的所述参数应用于所述引擎模型,进行包括所述引擎的所述负载变动的状态观测;
- [0142] 控制参数导出步骤,基于由所述状态观测得到的所述负载变动的预测结果和所述引擎的所述设定转速,导出用于控制所述引擎的前馈控制参数;
- [0143] 引擎控制步骤,将导出的所述前馈控制参数应用于所述引擎的控制。
- [0144] (附注2)
- [0145] 如附注1所记载的引擎控制程序,其特征在于,在所述参数获取步骤中获取的所述参数是引擎转速和燃料供给量。
- [0146] (附注3)
- [0147] 如附注1或附注2所记载的引擎控制程序,其特征在于,在所述状态观测步骤中,基于将所述参数应用于所述引擎模型而得到的引擎负载的推定结果,得到所述负载变动的所述预测结果。
- [0148] (附注4)
- [0149] 如附注1~附注3中任一项所记载的引擎控制程序,其特征在于,在所述控制参数导出步骤中,将所述负载变动的所述预测结果和所述设定转速应用于系统传递函数模型,导出所述前馈控制参数。
- [0150] (附注5)
- [0151] 如附注1~附注3中任一项所记载的引擎控制程序,其特征在于,在所述控制参数导出步骤中,基于卡尔曼滤波器对所述负载变动的所述预测结果和所述设定转速进行前馈补偿,导出所述前馈控制参数。
- [0152] (附注6)
- [0153] 如附注1~附注3中任一项所记载的引擎控制程序,其特征在于,在所述控制参数导出步骤中,基于模糊推理对所述负载变动的所述预测结果和所述设定转速进行前馈补偿,导出所述前馈控制参数。
- [0154] (附注7)
- [0155] 如附注1~附注6中任一项所记载的引擎控制程序,其特征在于,在所述引擎控制步骤中,向设置于所述引擎的调速器输出指令转速作为所述前馈控制参数。
- [0156] (附注8)
- [0157] 如附注1~附注7中任一项所记载的引擎控制程序,其特征在于,所述引擎的所述负载变动是因与所述引擎连结的螺旋桨的外部干扰而产生的变动。
- [0158] (附注9)
- [0159] 一种引擎控制程序的记录介质,其特征在于,
- [0160] 记录了附注1~附注8中任一项所记载的引擎控制程序。
- [0161] 工业实用性

[0162] 本发明对于船用引擎或者其他引擎,能够通过前馈控制预测负载变动来改善性能,从而改善油耗。此外,本发明除了引擎控制的方法、系统外,还可作为程序、记录程序的记录介质展开应用。

[0163] 附图标记说明

[0164] 10 引擎

[0165] 11 调速器

[0166] 12 螺旋桨机构(螺旋桨)

[0167] 20 转速设定机构

[0168] 30 参数获取机构

[0169] 31 引擎转速传感器

[0170] 32 燃料供给量传感器

[0171] 40 控制机构

[0172] 41 引擎模型

[0173] 42 引擎模型设定部

[0174] 43 状态观测部

[0175] 44 控制参数导出部

[0176] 50 计算机

[0177] S1 引擎模型设定步骤

[0178] S2 设定转速获取步骤

[0179] S3 参数获取步骤

[0180] S4 状态观测步骤

[0181] S5 控制参数导出步骤

[0182] S6 引擎控制步骤

[0183] h_p 燃料供给量

[0184] n_e 引擎转速

[0185] n_{order} 指令转速

[0186] n_{sp} 设定转速。

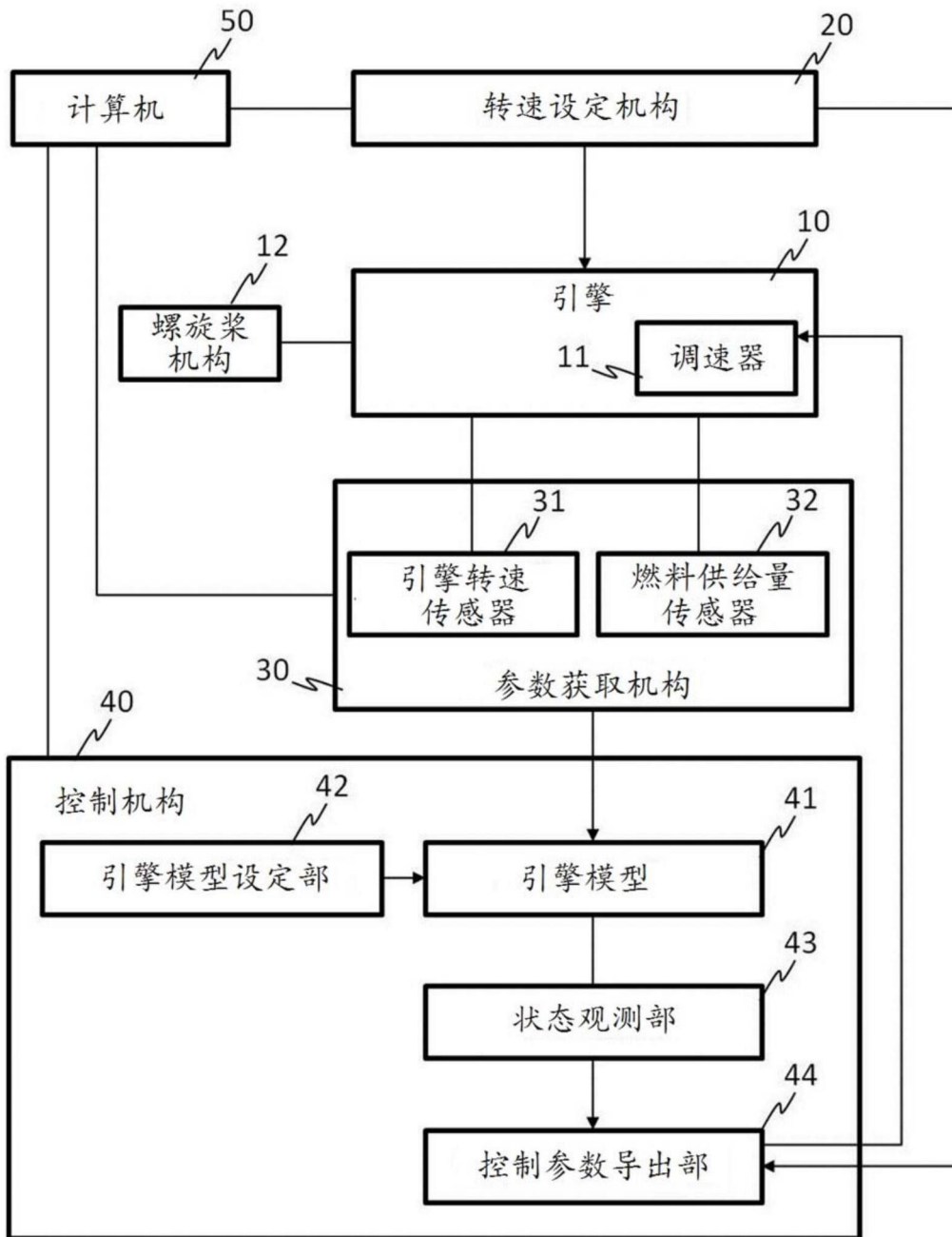


图1

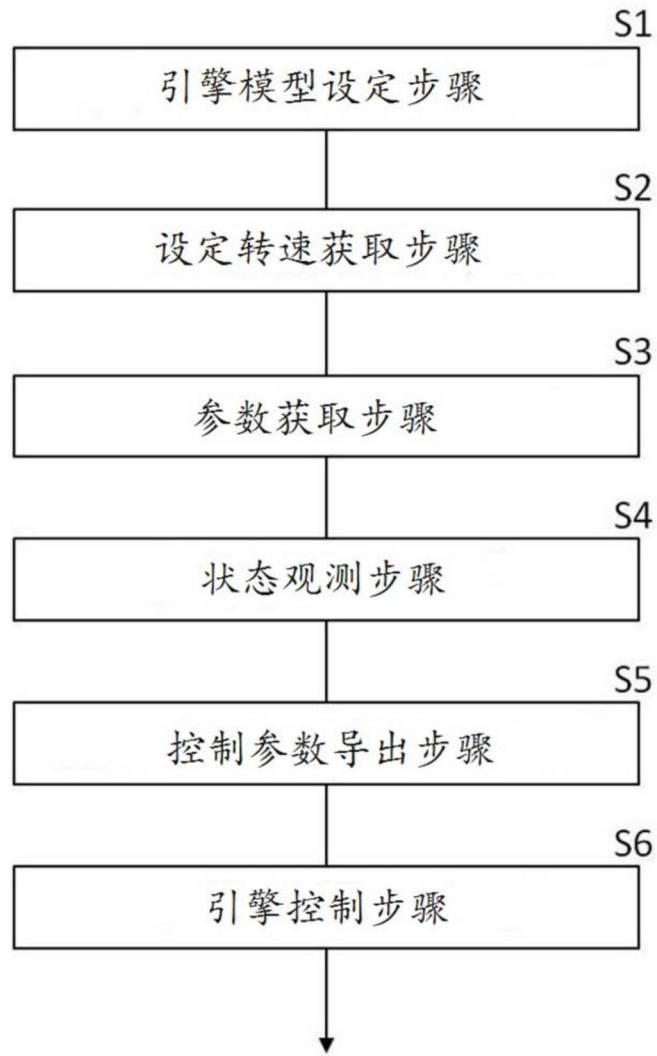


图2

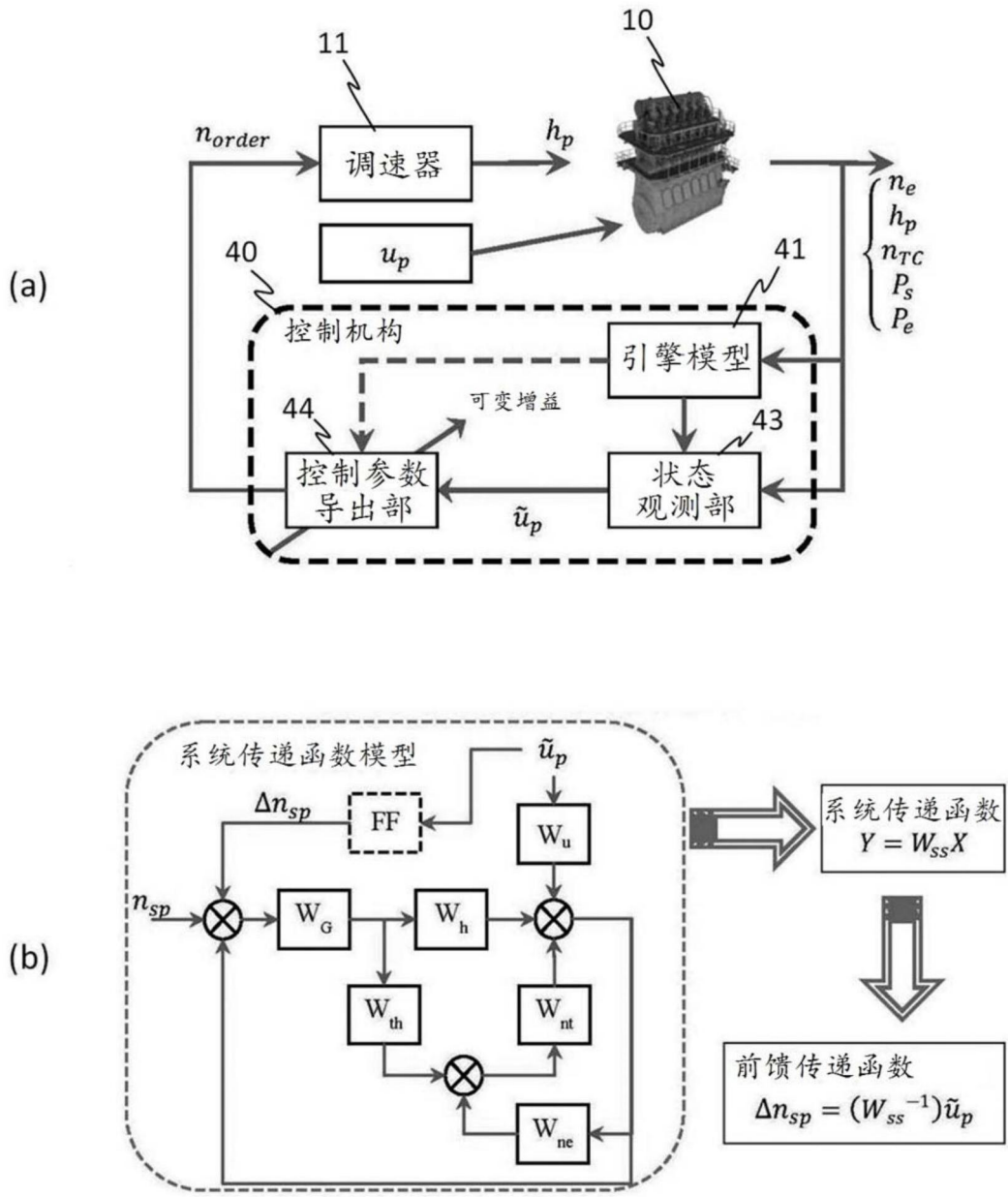


图3

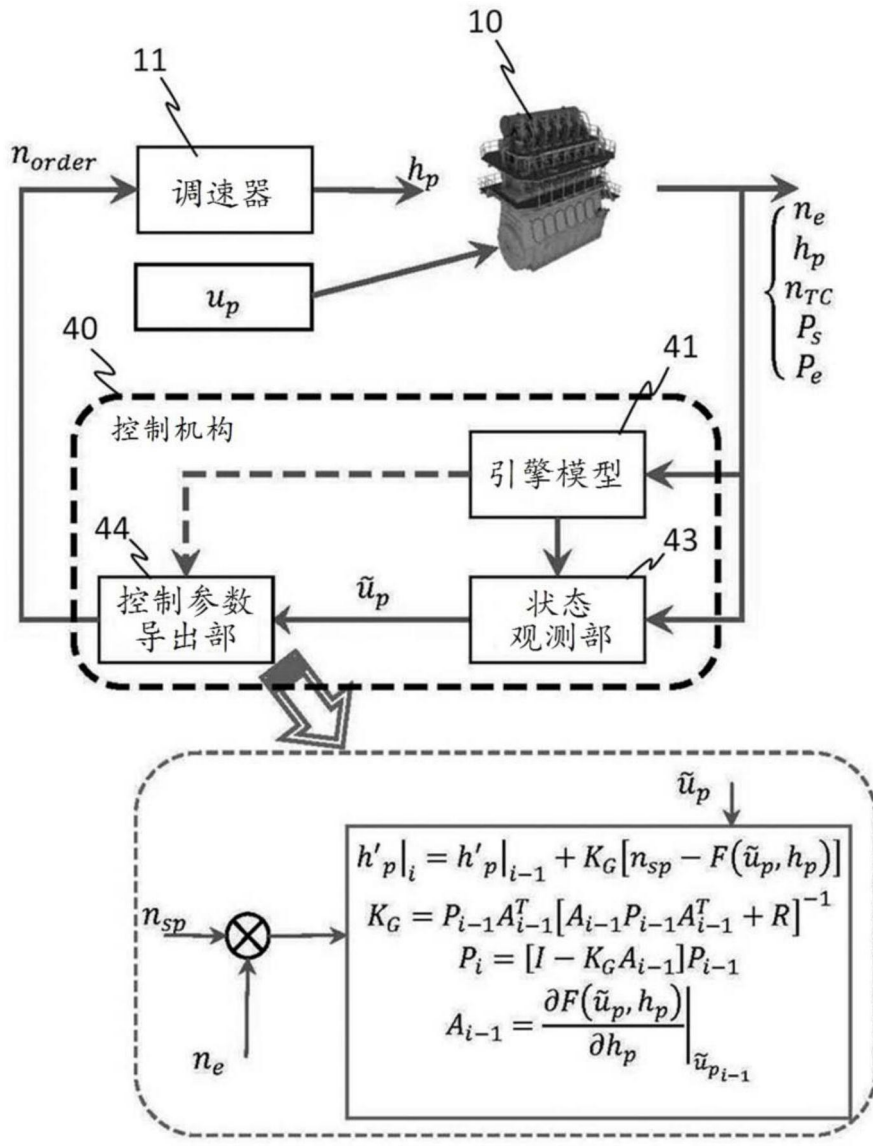


图4

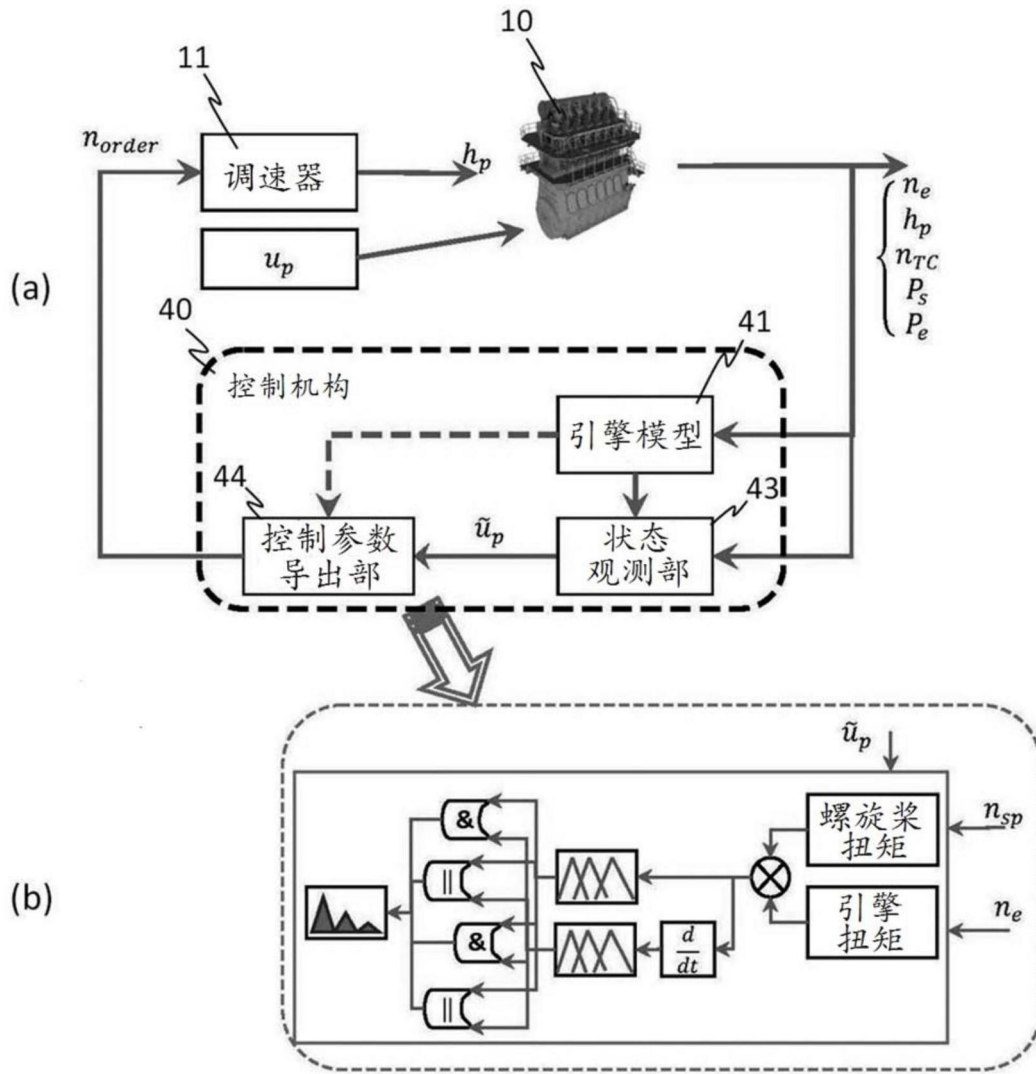


图5