



(21) 申请号 201780040239.3

(22) 申请日 2017.06.07

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 109415112 A

(43) 申请公布日 2019.03.01

(30) 优先权数据
16176574.8 2016.06.28 EP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2018.12.27

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/EP2017/063751 2017.06.07

(87) PCT国际申请的公布数据
W02018/001685 EN 2018.01.04

(73) 专利权人 ABB瑞士股份有限公司

地址 瑞士巴登

(72) 发明人 B·冈德森 F·温特 J·诺瓦克
M·巴里西克

(74) 专利代理机构 北京市金杜律师事务所
11256

专利代理师 李辉 赵尤斌

(51) Int.Cl.
B63H 1/15 (2006.01)
B63H 1/28 (2006.01)
B63H 21/21 (2006.01)
B63H 23/35 (2006.01)

审查员 兰放

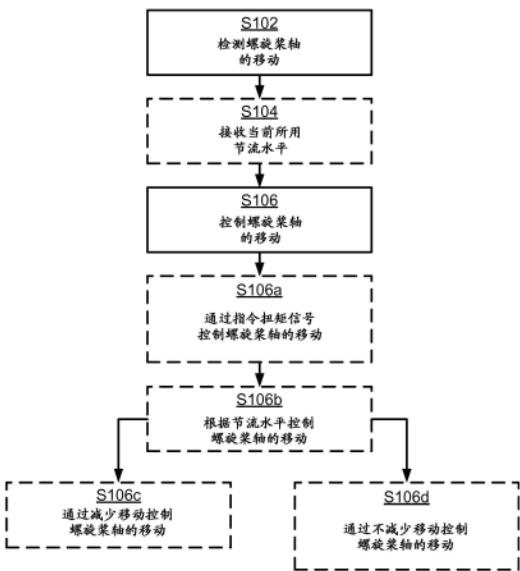
权利要求书2页 说明书7页 附图6页

(54) 发明名称

螺旋桨轴移动的控制

(57) 摘要

提供一种用于控制船舶上的螺旋桨轴的移动的控制机构。控制器包括处理电路。处理电路被配置为通过确定螺旋桨轴的持续振荡特征,来使控制器检测螺旋桨轴的移动。处理电路被配置为使控制器根据所确定的特征来控制螺旋桨轴的移动。



1. 一种控制器 (200), 用于控制船舶上的螺旋桨轴 (8) 的移动, 所述控制器 (200) 包括处理电路 (210), 所述处理电路 (210) 被配置为使得所述控制器 (200):

检测所述螺旋桨轴 (8) 的移动, 其中所述移动由所述螺旋桨轴 (8) 的持续振荡的测量的波形来表示; 并且从所述移动中确定所述螺旋桨轴 (8) 的所述持续振荡的特征的存在; 以及

通过将扭矩指令信号作为设定点转发至所述螺旋桨轴 (8) 的驱动子系统 (2), 来根据所确定的所述特征来控制所述螺旋桨轴 (8) 的移动, 其中所述扭矩指令信号根据所确定的所述特征而被确定, 并且其中关于空穴是否在给定时间段内发生, 被用作输入以引导状态机, 所述状态机指示从指令功率参考的负偏移的趋势。

2. 根据权利要求1所述的控制器 (200), 其中所述处理电路 (210) 进一步被配置为接收用于驱动所述螺旋桨轴 (8) 的当前所用节流水平。

3. 根据权利要求2所述的控制器 (200), 其中所述处理电路 (210) 进一步被配置为还根据所述当前所用节流水平来控制所述螺旋桨轴 (8) 的移动。

4. 根据权利要求1所述的控制器 (200), 其中所述持续振荡由空穴导致。

5. 根据权利要求1所述的控制器 (200), 其中所述处理电路 (210) 进一步被配置为: 在已经确定所述持续振荡由空穴导致时, 减少所述螺旋桨轴 (8) 的移动。

6. 根据权利要求2所述的控制器 (200), 其中所述处理电路 (210) 进一步被配置为: 当所述当前所用节流水平低于阈值时, 不减少所述螺旋桨轴 (8) 的移动。

7. 根据权利要求1所述的控制器 (200), 其中所述螺旋桨轴 (8) 的移动是线性的加速。

8. 根据权利要求7所述的控制器 (200), 其中所述加速相对于所述螺旋桨轴 (8) 为切向或轴向。

9. 根据权利要求1所述的控制器 (200), 其中所述螺旋桨轴 (8) 的移动引起所述螺旋桨轴 (8) 的径向和/或轴向位移。

10. 根据权利要求1所述的控制器 (200), 其中所述特征通过将已知波形与所测量的所述波形相关联来确定。

11. 根据权利要求1所述的控制器 (200), 其中所述特征由波形组来表示, 所述波形组包括量化的波形或分类的波形。

12. 根据权利要求11所述的控制器 (200), 其中所述波形组通过使所测量的所述波形通过滤波器库来确定。

13. 根据权利要求1所述的控制器 (200), 其中所述特征是所测量的所述波形的量化的短时频谱。

14. 根据权利要求1所述的控制器 (200), 其中所述特征由系数组来表示, 所述系数组通过将所测量的所述波形与以下项进行卷积来确定: 滤波器响应库、小波系数库、拉普拉斯系数库、或者海赛系数库。

15. 一种用于控制船舶上的螺旋桨轴 (8) 的移动的装置, 所述装置包括:

根据权利要求1所述的控制器 (200);

振动传感器 (17), 被配置为向所述控制器 (200) 提供指示所述持续振荡的信号; 以及

其中所述控制器 (200) 包括推进控制单元 (3), 所述推进控制单元 (3) 被配置为根据所确定的所述特征来控制所述螺旋桨轴 (8) 的移动。

16. 根据权利要求15所述的装置, 其中所述振动传感器 (17) 被定位于所述螺旋桨轴 (8)

附近、被定位于靠近所述螺旋桨轴(8)、或者被定位在所述螺旋桨轴(8)上。

17. 一种电力推进船舶,包括根据权利要求1所述的控制器和/或根据权利要求15所述的装置。

18. 一种用于控制船舶上的螺旋桨轴(8)的移动的方法,所述方法包括:

检测(S102)所述螺旋桨轴(8)的移动,其中所述移动由所述螺旋桨轴(8)的持续振荡的测量的波形来表示;并且从所述移动中确定所述螺旋桨轴的所述持续振荡的特征的存在;以及

通过将扭矩指令信号作为设定点转发至所述螺旋桨轴(8)的驱动子系统(2),来根据所确定的所述特征来控制(S106)所述螺旋桨轴(8)的移动,其中所述扭矩指令信号根据所确定的所述特征而被确定,并且其中关于空穴是否在给定时间段内发生,被用作输入以引导状态机,所述状态机指示从指令功率参考的负偏移的趋势。

19. 一种计算机可读存储介质,其上存储有计算机程序(720),所述计算机程序用于控制船舶上的螺旋桨轴(8)的移动,所述计算机程序包括计算机代码,所述计算机代码当在控制器(200)的处理电路(210)上运行时使所述控制器:

检测(S102)所述螺旋桨轴(8)的移动,其中所述移动由所述螺旋桨轴(8)的持续振荡的测量的波形来表示;并且从所述移动中确定所述螺旋桨轴(8)的所述持续振荡的特征的存在;以及

通过将扭矩指令信号作为设定点转发至所述螺旋桨轴(8)的驱动子系统(2),来根据所确定的所述特征来控制(S106)所述螺旋桨轴(8)的移动,其中所述扭矩指令信号根据所确定的所述特征而被确定,并且其中关于空穴是否在给定时间段内发生,被用作输入以引导状态机,所述状态机指示从指令功率参考的负偏移的趋势。

螺旋桨轴移动的控制

技术领域

[0001] 本文提出的实施例涉及一种用于控制螺旋桨轴的移动的方法、装置、控制器、计算机程序和计算机程序产品。

背景技术

[0002] 依赖于电力推进的远洋船舶,如LNG运输船,其特征尽在于尽可能地努力实现每吨燃料最高工作效率的优化工程设计。该设计问题包括整个推进动力产生、传递、转换和输送,即船舶的整个驱动链,最终终止于军舰推进的末端执行器——螺旋桨。传统上,由轴、轴承、离合器(如果存在)、齿轮箱(如果存在)和螺旋桨组成的驱动链的机械部分的设计理念已经被广泛研究,并且既非常保守,又与电气部分的设计分开考虑。尤其是效果、效率、磨损和临界的计算涉及高度非线性流体动力学的螺旋桨,通常是根据经验设计。程序、设计和构建通常以实验技术为基础,表示为各种设计图表和来自比例或真实形状系数测量的曲线。如果存在循环设计,那么在测试罐中,这是一个相对缓慢的、实验驱动的原型设计、按比例缩小和针对船舶和螺旋桨的比例模型测试的循环。

[0003] 螺旋桨主要针对两个相反的设计标准设计。第一个是推进效率,即能量从螺旋桨组件、轮毂和叶片的旋转动能传递至夹带水流的动能的速率。由此产生的动能是导致船舶反应加速的原因,并从而导致其沿航线移动并改变其航向和航线。另一个设计标准是避免多个关键行为,其中之一就是空穴。空穴是一种非线性相变流体动力学现象,在从旋转动能到夹带流体的动能的能量转移图中引入全新的能量流。这种寄生流是由引入能量逸出通道导致的,首先是所产生的空穴气泡的热能,随后释放泡沫内爆的机械能,从船舶推进的角度看,这是无用的,会导致螺旋桨叶片的物理腐蚀。

[0004] 因此,在远洋船舶的传统电力推进造船中,将设计外围和机械部分的性能指标原样提供给推进系统的电气部分的设计师和工程师。然后设计引导、控制、监督和管理电力的产生、传递和转换速率的一个或多个算法的各种参数,以适应、服从、匹配和兼容所呈现的设计外围,其中最主要的就是末端执行器——螺旋桨。

[0005] 但是,螺旋桨的控制仍然需要改进。

发明内容

[0006] 本文实施例的目的在于提供对船舶的螺旋桨的有效且稳健的控制。

[0007] 根据第一方面,提出一种控制器,用于控制船舶上的螺旋桨轴的移动。该控制器包括处理电路。处理电路被配置为通过确定螺旋桨轴的持续振荡特征,来使控制器检测螺旋桨轴的移动。处理电路被配置为使控制器根据所确定的特征控制螺旋桨轴的移动。

[0008] 根据第二方面,提出一种用于控制船舶上的螺旋桨轴的移动的装置。该装置包括根据第一方面的控制器。该装置包括振动传感器,振动传感器被配置为向控制器提供指示持续振荡的信号。控制器包括推进控制单元,推进控制单元被配置为根据所确定的特征控制螺旋桨轴的移动。

[0009] 根据第三方面,提出一种用于控制船舶上的螺旋桨轴的移动的方法。该方法包括通过确定螺旋桨轴的持续振荡特征,来检测螺旋桨轴的移动。该方法包括根据所确定的特征来控制螺旋桨轴的移动。

[0010] 根据第四方面,提出一种计算机程序,用于控制船舶上的螺旋桨轴的移动,该计算机程序包括计算机程序代码,当在控制器上运行时,该计算机程序代码使控制器执行根据第三方面的方法。

[0011] 根据第五方面,提出一种计算机程序产品,其包括根据第四方面的计算机程序和其上存储有计算机程序的计算机可读存储介质。计算机可读存储介质可以是非暂时性计算机可读存储介质。

[0012] 有利地,该装置、该控制器、该方法和该计算机程序提供对船舶上的螺旋桨轴的移动的有效控制。

[0013] 有利地,该装置、该控制器、该方法和该计算机程序能够以可靠的、计算良好的方式正确地检测船舶驱动链的机械组件的不利运行条件。

[0014] 有利地,该装置、该控制器、该方法和该计算机程序能够以可靠的、计算良好的方式正确地识别所检测到的螺旋桨的不利运行条件由空穴引起的程度。

[0015] 有利地,该装置、该控制器、该方法和该计算机程序使得吨位燃料转换为机械推进动力(即用于使船舶沿航线加速或使船舶围绕偏航轴旋转的动力)的总转换率在大范围内(在船舶的整个生命周期中)整体提升了3-4%(保守估计)。

[0016] 应当注意的是,在适当情况下,第一方面、第二方面、第三方面、第四方面和第五方面的任意特征可以应用于任意其它方面。同样地,第一方面的任意优点可以分别同样适用于第二方面、第三方面、第四方面和/或第五方面,反之亦然。根据以下详细公开内容、所附从属权利要求以及附图,所附实施例的其它目的、特征和优点将显而易见。

[0017] 通常,除非本文另有明确定义,否则,在权利要求中使用的所有术语是按照其在本技术领域中的原本意义理解。除非另有明确说明,否则所有提及的“一/一个/所述元件、装置、部件、器件、步骤等”均开放式地理解为表示元件、装置、部件、器件、步骤等的至少一个实例。除非明确说明,否则本文公开的任意方法的步骤不必按所公开的精确次序执行。

附图说明

[0018] 现在将通过举例并且参考以下附图来描述本发明的构思,在附图中:

[0019] 图1和图2示出根据实施例的图示装置的示意图;

[0020] 图3和图5示出根据实施例的方法的流程图;

[0021] 图4是根据实施例的状态机;

[0022] 图6示出根据实施例的控制器功能模块的示意图;

[0023] 图7示出根据实施例的包括计算机可读存储介质的计算机程序产品的一个示例。

具体实施方式

[0024] 现在将参照这些附图在下文中更全面地描述本发明的构思,在附图中示出了本发明构思的某些实施例。但是,本发明的构思可以体现为许多不同形式并且不应理解为由本文中的实施例限定;相反地,这些实施例以示例方式提供,以使本公开透彻完整,并向本领域

域技术人员充分传达本发明构思的范围。说明书全文采用相同标记指代相同元件。虚线所示的任何步骤或特征都应视为可选的。

[0025] 图1示意性地图示用于控制船舶上的螺旋桨轴的移动的控制装置100。根据实施例,船舶为电力推进船舶。船舶可以是破冰船。装置包括连接至电力基础设施1的多个上游连接,可以包括或不包括变压器、换能器、保护和安全设备、隔离开关、断路器或熔断器。电力基础设施1提供电动机5的驱动子系统2。电动机5将供应的电力转换为其输出轴6上的机械扭矩,输出轴6可以通过多个机械、液压或气动连杆,或包括具有任意所述性质的子系统7的组合的联接装置,包括但不限于齿轮箱、离合器、轴承等,连接至螺旋桨轴8。螺旋桨轴8是连接至螺旋桨10的机械连接装置子系统9的最后一个、机械刚性连接轴,并且包括轮毂11和叶片12。在特定实施例中,由电动机5、输出轴6、联接装置、螺旋桨轴8和螺旋桨本身10组成的整个组件可以安装在整体吊舱内部,如图2图示(见下文)。

[0026] 此外,电动机驱动2包括内部处理/调节/支配单元13,并连接至推进控制单元3。该连接经由多个电的、光的、磁的或电磁辐射的无线现场总线通信架构/堆栈4,或包括这些媒介组合的现场总线来实现。替代地,该连接也可以通过多个电的、光的、磁的或电磁辐射的无线硬连线通信线路,或两者的组合(例如,现场总线堆栈和一个或多个硬连线线路)来实现。

[0027] 现在进一步参考图2,其示意性地图示出装置100的其它方面。在图2的示意图中,电动机14壳体、结构支撑件、框架、安装点,以及壳体、输出轴和螺旋桨轴之间的机械联接装置的元件和子系统,在一些实施例中,最显著的是轴承15和输出/螺旋桨轴16,被配备有多个物理传感器17。在一些实施例中,这些物理传感器测量线性加速度、旋转角速度、角加速度或角位置(针对编码器或一些其它器件上的编码轴位置)、张力、扭转、材料应力或螺旋桨轴的力中的一个或多个。

[0028] 该装置可以进一步包括专用测量收集、记录、校对、过滤或估计单元18,估计单元18被配置为通过接收物理传感器17的一个、多个或全部测量来收集、记录、校对、过滤和/或估计测量系统。该单元18(如果存在)被配置为通过使用多个电的、光的、磁的或电磁辐射的无线现场总线通信架构/堆栈19,或包括这些介质的组合的现场总线,将其收集、记录、校对、过滤或估计的测量系统通信至快速信号处理和机器知识单元20。替代地,测量收集、记录、校对、过滤或估计单元18及快速信号处理和机器知识单元20的功能可以被组合在单个单元中,或者被组合在单个单元的一部分中,如控制器200。

[0029] 快速信号处理和机器知识单元20被配置为通过多个电的、光的、磁的或电磁辐射的无线现场总线通信架构/堆栈22,或包括这些介质的组合的现场总线,与推进控制单元3通信。替代地,快速信号处理和机器知识单元20可以在推进控制单元3的顶部实现,使得单元3和20的功能因此在单元3中合并,专用测量收集、记录、校对、过滤或估计单元18独立存在。单元18处于这种配置:以前面描述的方式连接至这种合并的推进控制单元3。作为另一替代,如果没有提供专用测量单元18,但其功能与推进控制单元3的功能合并,则测量元件17以前面描述的方式直接连接至推进控制单元3。然后,后者还可以包括快速信号处理和机器知识单元20的功能,相当于单元3、18和20的独特实施例的总合并,或继续依赖于单独实施的单元20。

[0030] 此外,推进控制单元3具有输入23,输入23通过多个电的、光的、磁的或电磁辐射的

无线现场总线通信架构/堆栈24,或包括这些介质的组合的现场总线,或替代地直接通过硬连接,提供给某个提供参考的功能单元25。该功能单元25为电动机驱动2提供待指令的功率的绝对或相对(缩放)的参考。

[0031] 图3是图示用于控制螺旋桨轴8的移动的控制方法的实施例的流程图。

[0032] 在步骤S102中,振动传感器17或控制器200被配置为通过确定螺旋桨轴8的持续振荡的特征,来检测螺旋桨轴8的移动。

[0033] 螺旋桨轴8的移动可以通过螺旋桨轴8的持续振荡的测量波形表示。然后,该特征可以是,但不限于,将已知波形与螺旋桨轴8的振荡的测量波形相关联的结果。也就是说,特征可以通过将已知波形与测量波形相关联来确定。特征也可以是波形组。特别地,特征可以用波形组表示,其中,波形组包括量化的波形或分类的波形。波形组可以通过标量或矢量量化来量化,或者使用逻辑回归或支持向量机或类似方法来分类,该波形组通过使测量的波形通过滤波器库获得。也就是说,波形组可以通过使测量的波形通过滤波器库来确定。作为另一替代,特征可以是使用窗口或使用窗口之前的测量的波形的量化短时频谱。替代地,这种频谱可以被表示为足以很好地描述这种谱的插值函数或样条函数的系数组。此外,除了将特征视为频谱之外,还可以将其视为通过将测量波形与滤波器响应库或小波库、或拉普拉斯(Laplacian)库或海赛(Hessian)库等卷积而获得的系数组(或矢量)。也就是说,特征可以用系数组表示,系数组通过将测量的波形与滤波器响应库、小波系数库、拉普拉斯(Laplacian)系数库或海赛(Hessian)系数库卷积来确定。在特征的上述描述中,测量的波形是指示来自振动传感器17或控制器200或其组合发生的测量的移动和振荡的时间序列,直接或通过代理获得指示螺旋桨轴8的振荡的物理量的测量。在后一种通过代理测量的情况下,代理方法可以依赖于直接测量与代理测量之间相互依存的多个数学模型。因此,控制器200从而可以检测螺旋桨轴8的移动,并由此确定螺旋桨轴8的持续的不需要的、寄生的和/或自动破坏性振荡的特征的存在。下面将描述涉及如何检测螺旋桨轴8的移动的进一步细节的实施例。

[0034] 在步骤S106中,推进控制单元3或控制器200被配置为根据所确定的特征来控制螺旋桨轴8的移动。因此,推进控制单元3或控制器200可以由此根据所确定的特征来控制螺旋桨轴8的移动,其目的在于减少在感测的移动中的特征的表达量。下面将描述涉及如何控制螺旋桨轴8的移动的进一步细节的实施例。

[0035] 装置100使得螺旋桨10的电推进能够设计为更接近临界状态,并从而能够以很可能但不会实际出现空穴的代价更有效地操作螺旋桨10。

[0036] 现在将公开涉及控制螺旋桨轴8的移动的进一步细节的实施例。

[0037] 根据一个实施例,在步骤S106a中,推进控制单元3或控制器200进一步被配置为通过将扭矩指令信号转发至作为设定点的螺旋桨轴8的驱动子系统2来控制螺旋桨轴8的移动。扭矩指令信号根据所确定的特征确定。

[0038] 根据一个实施例,在步骤S104中,推进控制单元3或控制器200进一步被配置为接收用于驱动螺旋桨轴8的当前所用的节流水平。然后,在步骤S106b中,推进控制单元3或控制器200进一步被配置为还根据当前所用节流水平来控制螺旋桨轴8的移动。

[0039] 根据一个实施例,持续振荡是由空穴导致的。然后,在步骤S106c中,推进控制单元3或控制器200可以进一步被配置为在已经确定持续振荡是由空穴引起时,则减少螺旋桨轴

8的移动。然而,在步骤S106d中,推进控制单元3或控制器200可以被配置为当当前所用节流水平低于阈值时,不减少螺旋桨轴8的移动。

[0040] 现在将公开用于控制螺旋桨轴8的移动的上述公开的实施例的进一步细节以及与其相关的其它实施例。

[0041] 控制器200包括校正信号发生器模块。校正信号发生器模块又包括彼此串联设置的空穴响应形成器模块和注入信号电平设定器模块。校正信号发生器模块被配置为为多个标称(根据第一原理设计)信号流提供空穴-改善贡献。多个标称信号流是可以用于向使螺旋桨轴转向的供应电动机的驱动提供功率指令或参考扭矩的任意信号流。这种前馈处理可以作为查找表(或更高阶样条,或关于螺旋桨旋转速度的动态评估表达式,或通过水或其它代理测量,或多个这些测量的组合)提供,其涉及针对船舶飙升速度的指令功率的相关修改范围。

[0042] 空穴响应形成器模块进一步包括识别空穴周期的估算器,以及根据图4的状态机400,指示改善校正信号的趋势上升、下降或稳定的状态机。

[0043] 状态机400包括四种状态:斜升后稳定状态401、节流断电状态402、斜降后稳定状态403和节流加电状态404。状态之间的转换由下文所述的信号rdnH1、rupH、rdnL、rdnH2、rupH和rupL来控制。

[0044] 状态机400被实现为使得能够减少与单纯的指令功率参考的负偏移,即如果没有检测到空穴,则控制器200尽可能接近地,优选精确地,匹配指令功率参考。在这种理想情况下,状态机处于状态401。替代地,在状态401下,可以在不表示有意义反馈的偶发时刻检测到空穴。在这种情况下,指令功率参考仍将完全匹配。如果空穴检测的间歇缩短,即更频繁地检测,则在某一时刻,状态机沿rdnH1转换至状态402,其中,负偏移将被命令为以绝对值稳定地增加。状态机处于状态402,直到空穴检测的偶发性降低回到可接受的水平。此时,状态机沿着rdnL转换至状态403,其中,偏移保持在稳定水平。如果状态403中的空穴检测不再以指示频率被检测到,并且负偏移是非零的,即推进不以标称指令功率工作,则状态机沿着rupH转换为状态404,其中,负偏移的绝对值实时降低。换言之,在这种状态下,即状态404,总指令越来越回归,并且在极限处恰好等于标称指令功率水平。一旦实现这一点,状态机就会沿rupL转换回原始状态401。替代地,可能会发生下述情况:当状态机处于状态403时,空穴不会消失,而是继续保持频率不变,或者偶发事件的频率增加,或事件的持续时间延长。在这种情况下,状态机沿rdnH2返回至状态402,从而使指令可以进一步偏移至指令水平以下。

[0045] 注入信号电平设定器模块形成由状态机400的状态输出操纵的注入信号,其为三种形状之一:斜坡增加或减小,或稳定水平。第一原理和已安装设备对主信号流的限制(例如,电吊舱方位推进器(Azipod)的最大总额定功率等)明确考虑在内。

[0046] 空穴响应形成器模块内的估算器实现混合信号处理,其获取多个测量或估计,对该测量或估计执行信号处理操作,以评估测量波形中的振荡特征(在一个实施例中,空穴)的质量水平或表达程度。基于测量中的特征的质量水平或表达程度,以及算法在建立这种质量水平或表达程度时所具有的确程度,算法输出关于给定时间段内是否出现空穴的布尔估计(值为真或假)。估算器的布尔输出用于控制状态机。该状态机基于时间逻辑操作,使用定时器驱动逻辑切换的时间上下文。在一个示例性实施例中,这种定时器是根据计数器

实现的,该计数器由新信号和通过单位延迟块反馈至求和点的旧计数器值之间的求和点组成。

[0047] 在用空穴表示的实施例,存在表示寄生、自动破坏性或磨损振荡的螺旋桨轴的移动的不同实例。根据一个实施例,螺旋桨轴8的移动是线性加速度。该加速度相对于螺旋桨轴8可以是切向或轴向的。根据一个实施例,螺旋桨轴8的移动导致螺旋桨轴8的径向和/或轴向位移。

[0048] 振动传感器17相对于螺旋桨轴8具有不同的可能布置。例如,振动传感器17可以被定位在螺旋桨轴8附近、靠近螺旋桨轴8或位于螺旋桨轴8上。

[0049] 现在将参考图5的流程图公开基于至少一些上述公开的实施例来控制螺旋桨轴8的移动的特定实施例。

[0050] S201:控制器200获取主电动机驱动所要求的标称功率或扭矩水平。

[0051] S202:控制器200获取空穴似然指定残差,并在其上执行迟滞促进的检测状态切换。下面将提供关于如何获取空穴似然指定残差的实施例。

[0052] S203:控制器200运行基于时间逻辑的状态机,如果条件满足,则执行图4中的状态之间的切换,或者确保继续保持当前状态。

[0053] S204、S204a、S204b、S204c:控制器200基于步骤S203中状态机的状态,通过减去或加上(在步骤S204a中斜降或状态S204c中斜升)一个周期时间增量,或保持稳定(步骤S204b)的注入非正功率偏移的当前水平来形成响应。该计算在0的底部饱和,并且顶部对应于在步骤S201中接收的当前标称指令功率水平。饱和以抗回绕方式执行。

[0054] S205:控制器200通过具有指令功率通道的求和点将如此修改的偏移或稳定的非正偏移注入到初始指令功率或扭矩信号流中,其中,偏移的通道前加负号。

[0055] S206:控制器200基于修改的指令功率和当前实现的螺旋桨10的角速度,将待传递至驱动子系统的指令扭矩确定为设定点和指令。

[0056] S207:控制器200经由现场总线或硬连线信号流基础设施将所确定的指令扭矩转发至驱动子系统。

[0057] 可以循环地执行由步骤S201-S207所限定的操作,以连续地实现和执行上文中参考图3的流程图所描述的方法。在一个实施例中,由步骤S201-S207所限定的操作实现了迟滞促进模式切换。状态机、响应形成器和非正偏移注入都可以在推进控制单元3内部的推进控制单元控制器中下载和运行。

[0058] 现在将公开关于如何获取空穴似然指定残差的特定实施例。该实施例可以是上述步骤S202的一部分。

[0059] S301:控制器200接收驱动链的机械子组件上的多个物理点处的修改的、估计的、过滤的、原始的振动测量或其任意组合,其终止于螺旋桨轮毂和叶片。

[0060] S302:控制器200通过使用多种信号处理技术、机器学习技术或其组合,来检测潜在的空穴事件,从而以不同程度的确定性建立指示螺旋桨轴8的测量移动中的空穴的特征的存在或不存在,或表达的触发质量。

[0061] S303:控制器200使用多种信号处理、模型参考或机器学习技术或其组合,基于检测到的潜在空穴事件是空穴与零假设的结果(即检测到的潜在空穴事件不是空穴的结果)的可能性形成残差。所采用的技术被用于确定由传感器17捕获的移动作为多个测量值与空

穴事件的代表性特征之间的一致性程度。替代地,采用这些技术以评估捕获的多个测量中的特征随时间的质量水平或表达程度。

[0062] 在一个实施例中,由步骤S301-S303所限定的操作实现检测和识别,并且可以在推进控制单元3或专用快速信号处理和机器知识单元20内部的推进控制单元控制器中下载和运行。

[0063] 图2针对多个功能单元示意性地图示根据一个实施例的控制器200的部件。处理电路210用能够执行存储在计算机程序产品710(图3)中的软件指令的适当中央处理单元(CPU)、多处理器、微控制器、数字信号处理器(DSP)等中的一个或多个的任意组合来提供,例如,计算机程序产品710以存储介质230的形式存在。处理电路210可以进一步提供为至少一个专用集成电路(ASIC)或现场可编程门阵列(FPGA)。

[0064] 特别地,处理电路210被配置为使控制器200执行如上所述的一组操作或步骤S102-S106、S201-S207、S301-S303。例如,存储介质230可以存储该组操作,并且处理电路210可以被配置为从存储介质230取回该组操作,以使控制器200执行该组操作集。该组操作可以被提供为一组可执行指令。

[0065] 因此,处理电路210从而被布置为执行如本文公开的方法。存储介质230还可以包括永久存储器,例如,其可以是磁存储器、光存储器、固态存储器或甚至远程安装的存储器中的任意一个或其组合。控制器200可以进一步包括至少被配置用于通信的通信接口220。这样,通信接口220可以包括一个或多个发射器和接收器,包括模拟和数字部件。处理电路210控制控制器200的一般操作,例如,通过将数据和控制信号发送至通信接口220和存储介质230,通过接收来自通信接口220的数据和报告,或通过取回来自存储介质230的数据和指令。为了避免混淆本发明提出的构思,省略了控制器200的其它部件及其相关功能。

[0066] 图3示出包括计算机可读存储介质730的计算机程序产品710的一个实例。在该计算机可读存储介质730上,可以存储计算机程序720,该计算机程序720可以使处理电路210及其可操作耦合实体和设备,如通信接口220和存储介质230,以执行根据本文描述的实施例的方法。因此,计算机程序720和/或计算机程序产品710可以提供用于执行本文公开的任意步骤的器件。

[0067] 在图3的示例中,计算机程序产品710被图示为光盘,如CD(压缩盘)或DVD(数字通用光盘)或蓝光光盘。计算机程序产品710还可以实现为存储器,如随机存取存储器(RAM)、只读存储器(ROM)、可擦除可编程只读存储器(EPROM)或电可擦除可编程只读存储器(EEPROM),并且更具体地,实现为如USB(通用串行总线)存储器或闪存,例如,紧凑型闪存,等外部存储器中的设备的非易失性存储介质。因此,虽然计算机程序720在这里示意性地示出为所描绘的光盘上的轨道,但计算机程序720可以以适用于计算机程序产品710的任意方式存储。

[0068] 本发明的构思以上主要是参照几个实施例描述的。然而,正如本领域技术人员将会容易领会的,在不背离如所附专利权利要求限定的本发明构思的范围的条件下,同样可能作出不同于以上公开的实施例的其它实施例。

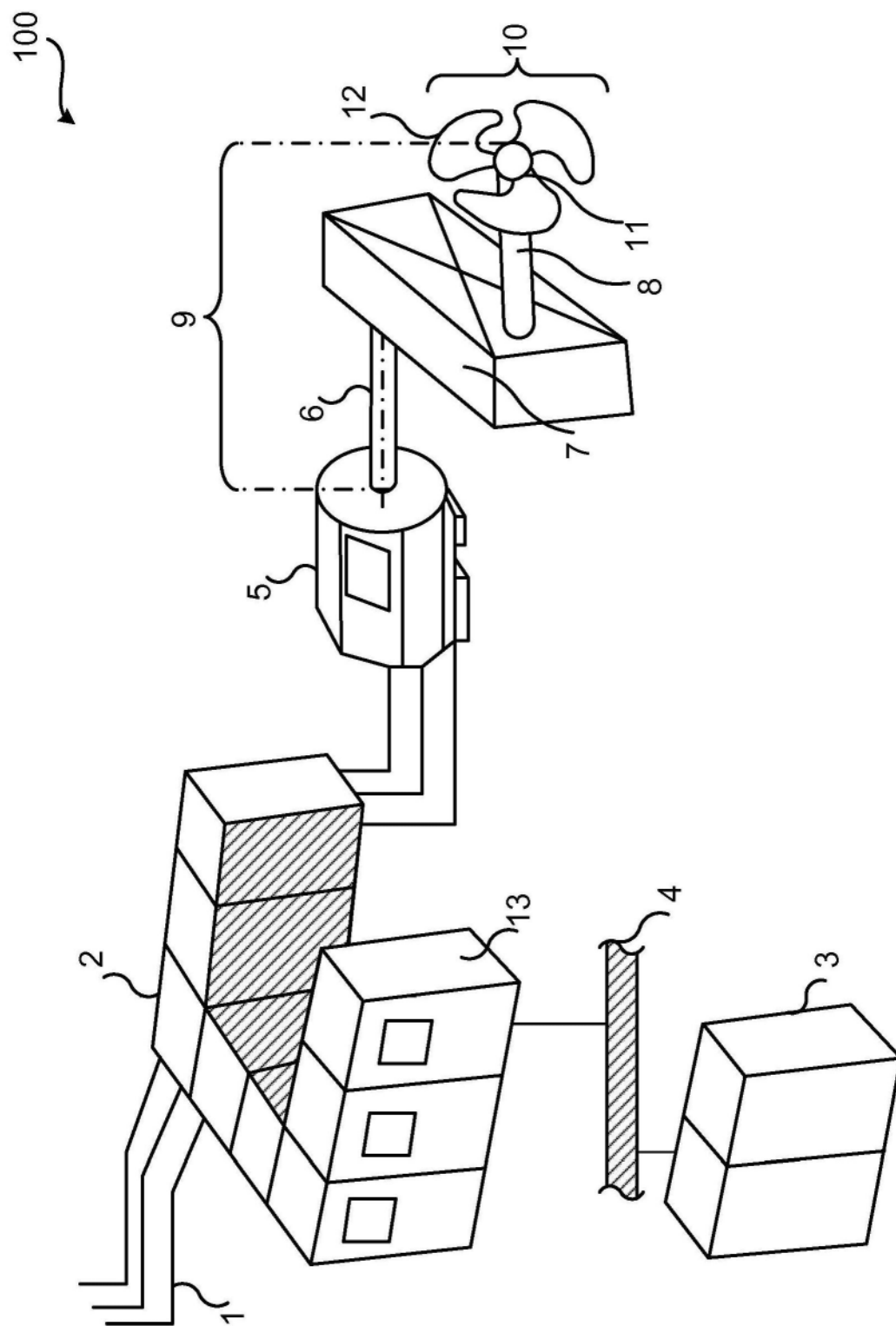


图1

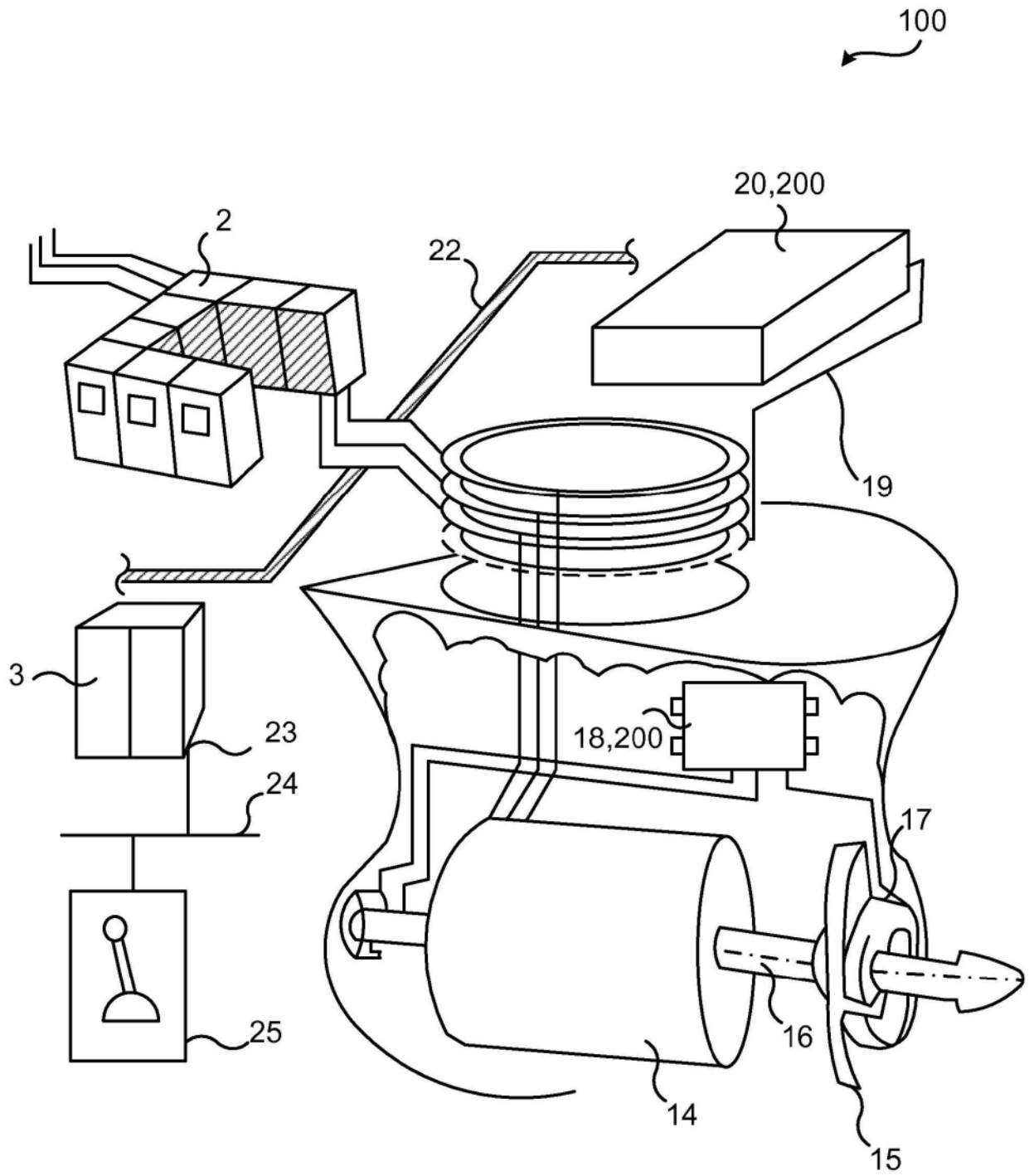


图2

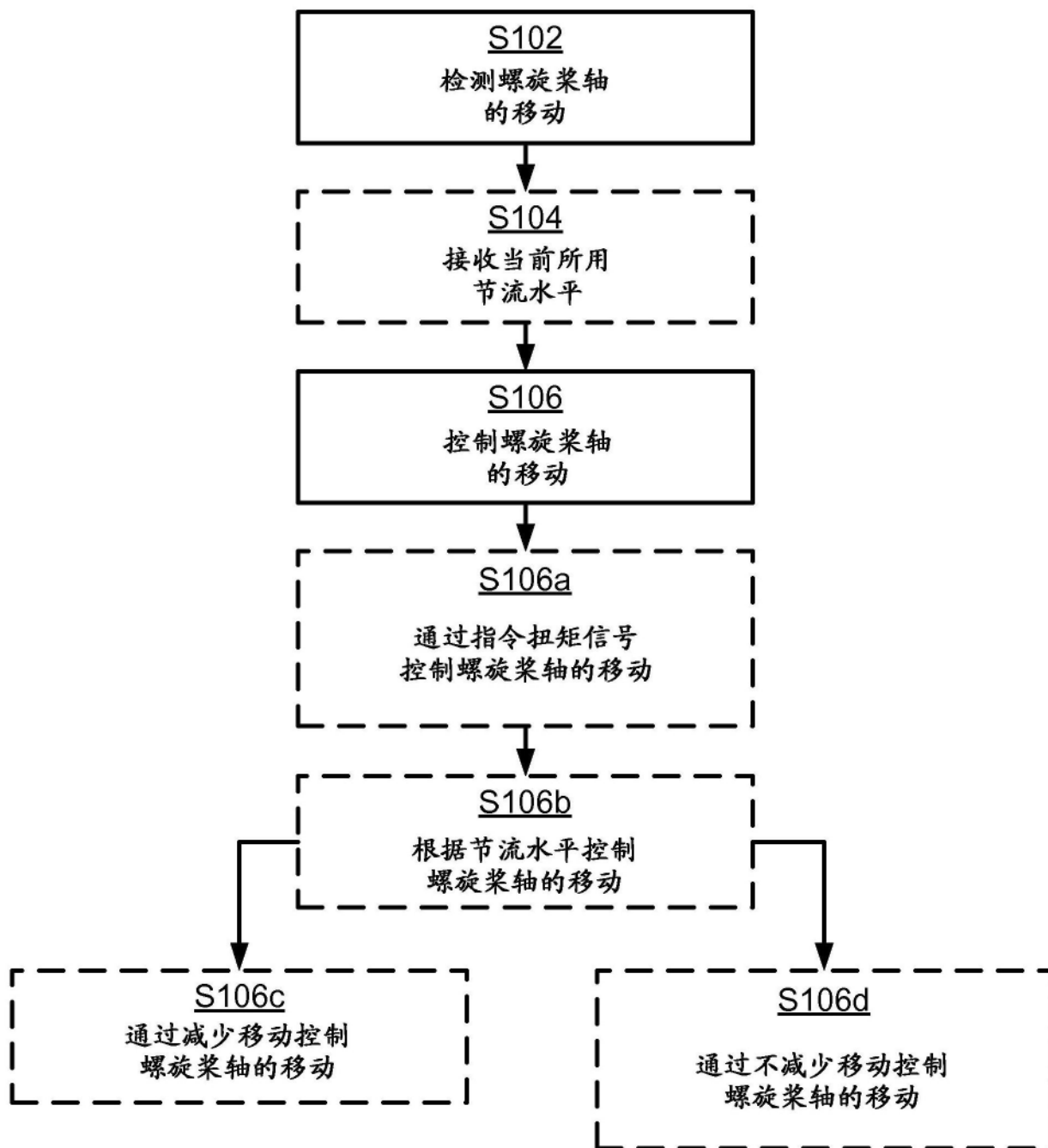


图3

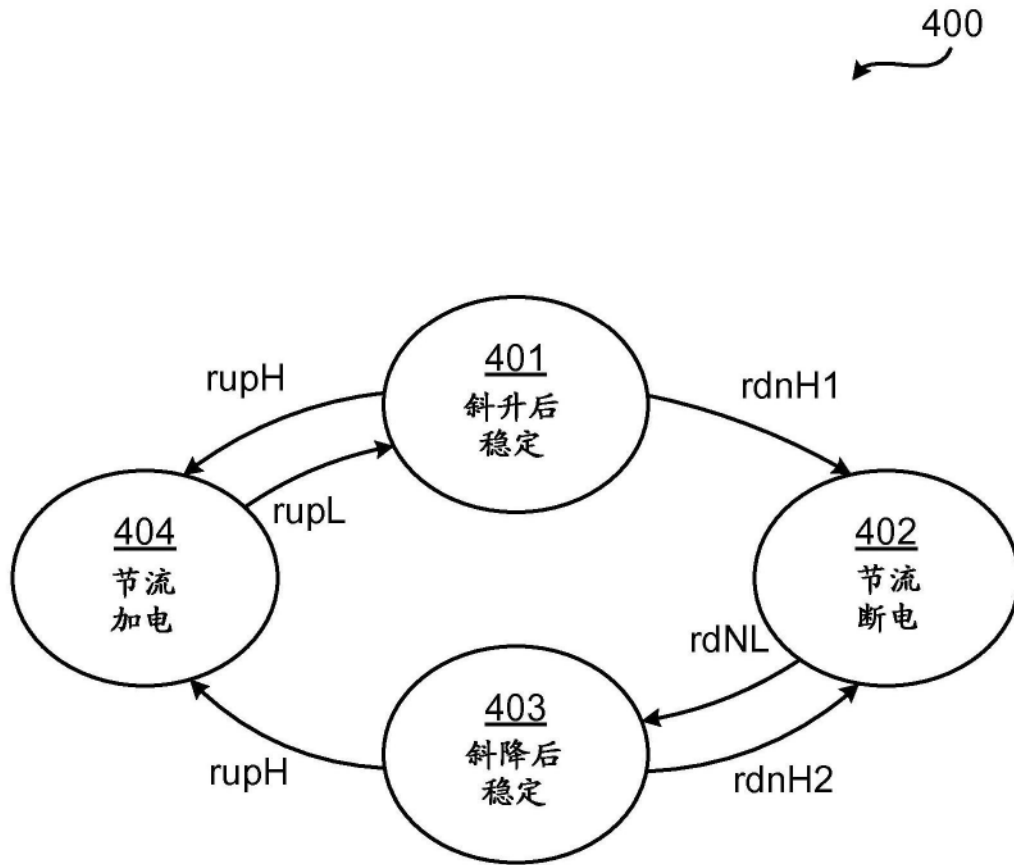


图4

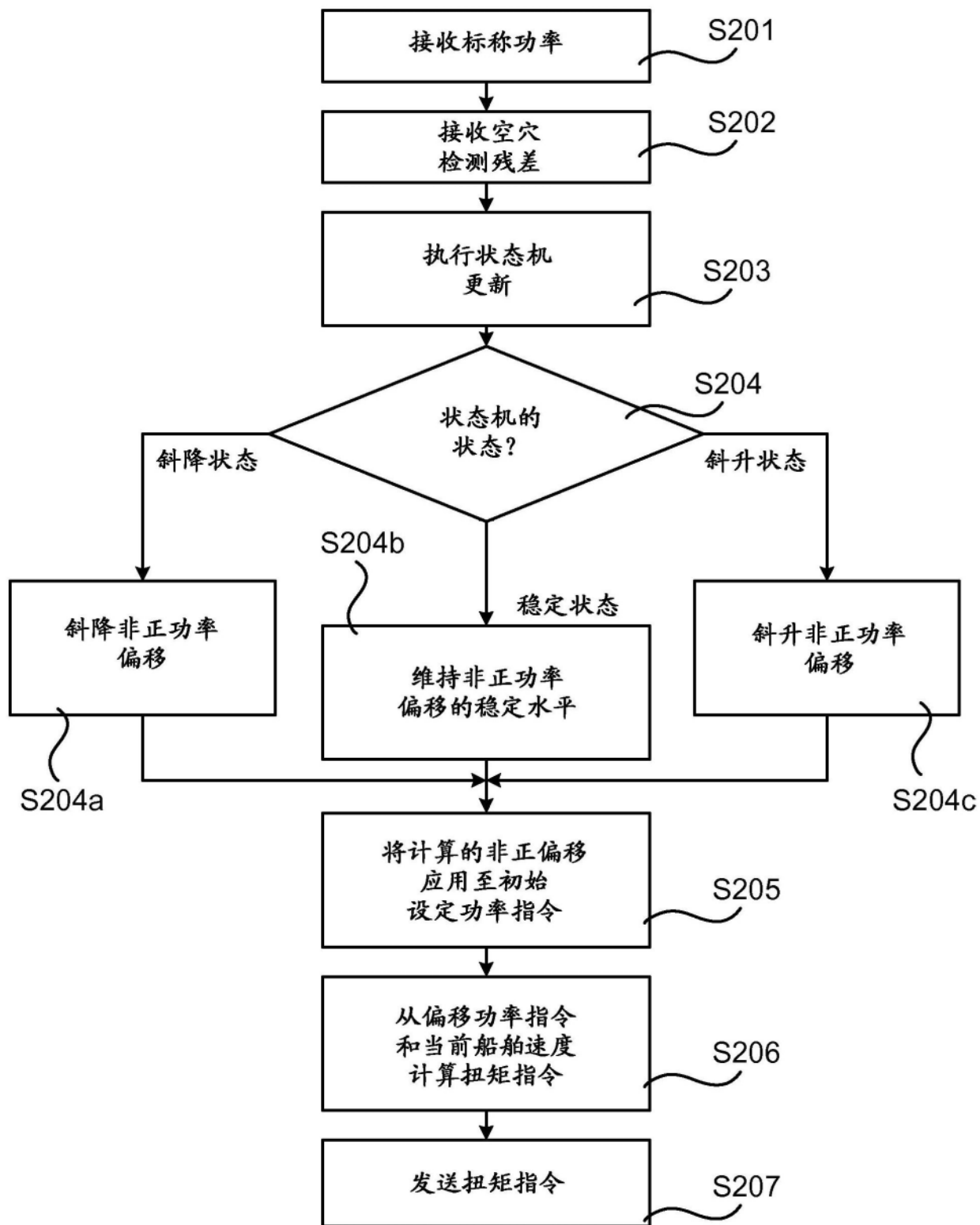


图5

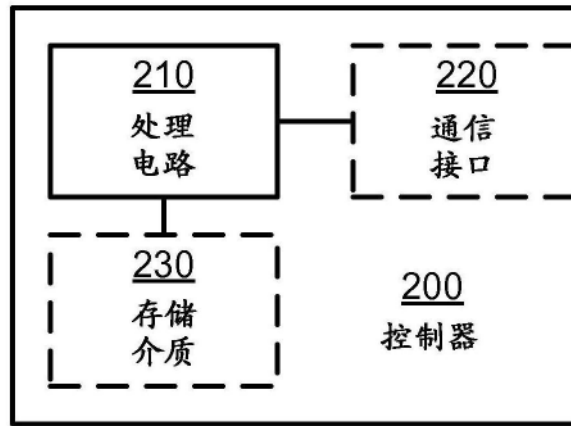


图6

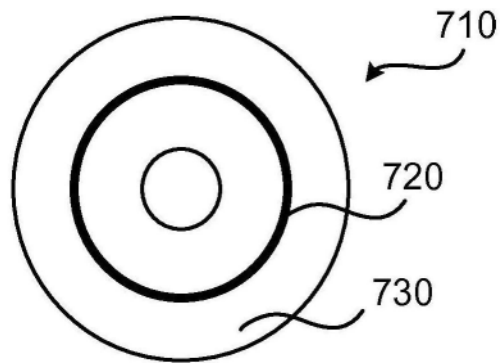


图7