



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 113320714 A

(43) 申请公布日 2021.08.31

(21) 申请号 202110215496.4

(22) 申请日 2021.02.26

(30) 优先权数据

20305204.8 2020.02.28 EP

(71) 申请人 拉季埃-菲雅克有限责任公司

地址 法国菲雅克

(72) 发明人 A·埃尔哈卢伊 B·P·胡恩

M·维尼亚利 O·拉克鲁瓦

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

司 72001

代理人 申屠伟进 周学斌

(51) Int. Cl.

B64F 5/60 (2017.01)

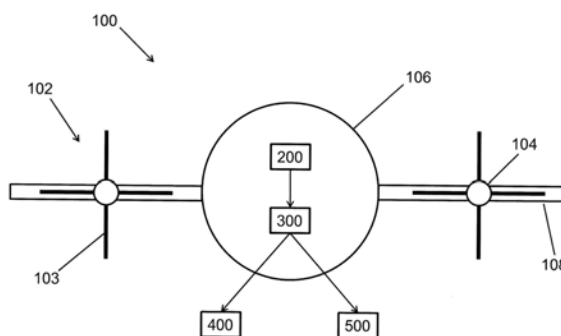
权利要求书2页 说明书5页 附图2页

(54) 发明名称

基于使用情况的螺旋桨寿命监测

(57) 摘要

一种用于监测螺旋桨健康状况的系统,包括:处理单元,所述处理单元具有被编程为将多种算法应用于输入的飞行器参数数据10的处理器300;多个数据输入端,所述多个数据输入端用于将飞行器参数数据输入到所述算法中,其中所述处理器300被配置为将基于物理的算法应用于所述飞行器参数数据10以至少确定螺旋桨102的一个或多个关键部件的疲劳寿命消耗18;以及输出装置400、500,所述输出装置400、500能够将所确定的疲劳寿命消耗的指示输出给观察者。



1. 一种用于监测螺旋桨健康状况的系统,其包括:
处理单元,所述处理单元具有被编程为将多种算法应用于输入的飞行器参数数据的处理器;
多个数据输入端,所述多个数据输入端用于将飞行器参数数据输入到所述算法中,其中所述处理器被配置为将所述算法应用于所述飞行器参数数据以至少确定螺旋桨的一个或多个关键部件的疲劳寿命消耗;以及
输出装置,所述输出装置能够将所确定的疲劳寿命消耗的指示输出给观察者。
2. 根据权利要求1所述的系统,其中所述算法是基于物理的算法和/或根据经验导出的算法,并且任选地其中所述算法是条件确定算法。
3. 根据权利要求1或2所述的系统,其中所述疲劳寿命消耗是基于实际飞行器使用情况来确定的。
4. 根据权利要求1、2或3所述的系统,其中所述系统包括螺旋桨。
5. 根据任一前述权利要求所述的系统,其中所述输出装置包括飞行器座舱中的视觉显示器。
6. 根据权利要求5所述的系统,其中所述疲劳寿命消耗显示为批准的疲劳寿命数值的百分比。
7. 根据任一前述权利要求所述的系统,其中在以下情形下触发用于维修的警报:
所述疲劳寿命消耗达到预定阈值;
螺旋桨负载超过预定值;并且/或者
飞行表现出高寿命消耗。
8. 根据权利要求7所述的系统,其中:
所述预定阈值在批准的疲劳寿命数值的80%至99%的范围内;
所述螺旋桨负载是在最大螺旋桨负载数值的80%至99%的范围内的值,或者是等于或超过最大螺旋桨负载数值的100%的值;并且/或者
所述飞行的寿命消耗是在最大寿命消耗数值的80%至99%的范围内的值,或者是等于或超过最大寿命消耗数值的100%的值。
9. 根据任一前述权利要求所述的系统,其中所述处理单元在全权数字发动机控制器(FADEC)内,并且/或者其中所述飞行器参数数据由所述FADEC供应。
10. 根据任一前述权利要求所述的系统,其中所述系统包括飞行器,所述飞行器具有用于检测不同类型的飞行器参数数据的多个传感器和用于将所述飞行器参数数据馈送至所述FADEC的通信电路。
11. 根据权利要求10所述的系统,其中所述飞行器数据包括空气速度、高度、襟翼设置、飞行器高度、俯仰率、横滚率、偏航率和螺旋桨旋转速度中的一项或多项,任选地所述飞行器数据还包括发动机数据,所述发动机数据包括旋转速度、节气门设置、推力、发动机温度、轴马力、扭矩和发动机压力比中的一项或多项。
12. 一种监测螺旋桨健康状况的方法,其包括:
将飞行器参数数据输入到多种算法中;
由处理单元的处理器基于所述飞行器参数数据使用所述多种算法至少确定螺旋桨的一个或多个关键部件的疲劳寿命消耗;以及

将所确定的疲劳寿命消耗的指示输出给观察者。

13. 根据权利要求12所述的方法,其中所述方法还包括以下步骤:将所述所确定的疲劳寿命消耗的所述指示作为批准的疲劳寿命数值、任选地航空管理局批准的疲劳寿命数值的百分比输出给观察者。

14. 根据权利要求12或13所述的方法,其中所述方法还包括以下步骤:将所述疲劳寿命消耗与预定阈值进行比较。

15. 根据权利要求14所述的方法,其中所述方法还包括以下步骤:在所述疲劳寿命消耗达到预定阈值的情形下触发用于维修的警报。

基于使用情况的螺旋桨寿命监测

技术领域

[0001] 本公开涉及用于监测螺旋桨健康状况的系统以及使用所述系统的方法。

背景技术

[0002] 螺旋桨在整个航空工业中用作在飞行器上提供推力的方法。螺旋桨可由任何类型的发动机驱动,尽管在现代飞行器中,它们通常由涡轮发动机驱动。

[0003] 螺旋桨包括具有多个旋转叶片的中心旋转毂,每个旋转叶片包括产生推力的翼型部分。如可理解的,螺旋桨是螺旋桨供动力的飞行器的关键部件,并且因此有必要对它们进行合适地维修。螺旋桨的故障可显著降低飞行器的推力,并且可致使其缺乏维持飞行所需的升力。

[0004] 飞行小时(FH)、飞行周期(FC)和日历日是记录于服务中的基本操作参数,以便监测螺旋桨疲劳寿命并且安排维修活动。用于评估飞行器使用情况的这些参数依赖于相较于实际情况可能导致显著不同结果的假设。因此,基于FH的寿命监测可导致螺旋桨疲劳寿命消耗估计不足。这可导致关键螺旋桨部件的疲劳失效,从而导致潜在的不安全条件。

[0005] 因此,需要提供可更准确地监测螺旋桨的健康状况以评估是否可能需要维修或更换的系统。

发明内容

[0006] 根据第一方面,提供一种用于监测螺旋桨健康状况的系统,其包括:处理单元,所述处理单元具有被编程为将多种算法应用于输入的飞行器参数数据的处理器;多个数据输入端,所述多个数据输入端用于将飞行器参数数据输入到所述算法中,其中所述处理器被配置为将所述基于物理的算法应用于所述飞行器参数数据以至少确定螺旋桨的一个或多个关键部件的疲劳寿命消耗;以及输出装置,所述输出装置能够将所确定的疲劳寿命消耗的指示输出给观察者。

[0007] 所述算法可以是基于物理的算法或根据经验导出的算法。

[0008] 所述算法可以是基于物理的算法和根据经验导出的算法。

[0009] 所述算法可以是条件确定算法。特别地,它们可以是基于物理原理的条件确定算法,或者它们可通过经验推理导出。

[0010] 所述疲劳寿命消耗可以是基于实际飞行器使用情况来确定的。

[0011] 所述系统可包括螺旋桨。

[0012] 输出装置可包括飞行器座舱中的视觉显示器。

[0013] 所述疲劳寿命消耗可显示为批准的疲劳寿命数值的百分比。所述疲劳寿命数值可以是航空批准的疲劳寿命数值。

[0014] 如果所述疲劳寿命消耗达到预定阈值,则可触发用于维修的警报。预定阈值可在批准的疲劳寿命数值的80%至99%的范围内。

[0015] 如果螺旋桨负载超过预定值,则可触发用于维修的警报。所述预定值可以是在最

大螺旋桨负载数值的80%至99%的范围内的值,或者它可以是等于或超过最大螺旋桨负载数值的100%的值。这可以是出于安全考虑而施加的预定螺旋桨负载数值。

[0016] 如果飞行表现出高寿命消耗,则可触发用于维修的警报。寿命消耗可以是例如在预定寿命消耗数值的80%至99%的范围内的值,所述预定寿命消耗数值被认为是对于飞行器安全的一个值;或者它可以是等于或超过此类预定/最大寿命消耗的100%的值。

[0017] 所述处理单元可以是全权数字发动机控制器(FADEC)。

[0018] 所述飞行器参数数据可由FADEC供应。

[0019] 所述系统可包括飞行器,所述飞行器具有用于检测不同类型的飞行器参数数据的多个传感器和用于将所述飞行器参数数据馈送至所述FADEC的通信电路。

[0020] 所述飞行器数据可包括空气速度、高度、襟翼设置、飞行器姿态、俯仰率、横滚率、偏航率和螺旋桨旋转速度中的一项或多项以及任选地发动机参数,所述发动机参数包括旋转速度、节气门设置、推力、温度、轴马力、扭矩和压力比中的一项或多项。

[0021] 根据第二方面,提供一种监测螺旋桨健康情况的方法,其包括:将飞行器参数数据输入到多种算法中;由处理单元的处理器基于所述飞行器参数数据使用所述多种算法至少确定螺旋桨的一个或多个关键部件的疲劳寿命消耗;以及将所确定的疲劳寿命消耗的指示输出给观察者。

[0022] 所述算法可以是基于物理的算法或根据经验导出的算法。

[0023] 所述算法可以是基于物理的算法和根据经验导出的算法。

[0024] 所述算法可以是条件确定算法。特别地,它们可以是基于物理原理的条件确定算法,或者它们可通过经验推理导出。

[0025] 所述方法还可包括以下步骤:将所述所确定的疲劳寿命消耗的所述指示作为批准的疲劳寿命数值的百分比输出给观察者。所述疲劳寿命数值可以是航空管理局批准的一个数值。

[0026] 所述方法还可包括以下步骤:将所述疲劳寿命消耗与预定阈值进行比较。

[0027] 所述方法还可包括以下步骤:在所述疲劳寿命消耗达到预定阈值的情形下触发用于维修的警报。

附图说明

[0028] 现在将仅通过举例的方式并参考附图来描述本公开的某些实施方案,在附图中:

[0029] 图1示出用于基于接收的飞行器数据来确定螺旋桨的各种关键部件的使用寿命疲劳消耗的系统;并且

[0030] 图2示出包括用于基于接收的飞行器数据来确定螺旋桨的各种关键部件的使用寿命疲劳消耗的系统飞行器。

具体实施方式

[0031] 飞行器维修需要飞行器停飞一定时间段,这会减少飞行器的操作时间并且增加飞行器的每英里运行成本。

[0032] 每个螺旋桨包括多个部件,其中的一些部件可标记为关键的,而其他部件为非关键的。关键的螺旋桨部件是螺旋桨正常起作用必不可少的部件。可向每个关键部件分配航

空管理局批准的服务使用寿命,所述航空当局批准的服务使用寿命可基于广泛的产品测试以飞行小时(FH)给定以获得批准。当部件接近批准的使用寿命时,产品通常被更换(因为故障的可能性可能开始显著地增加),或者可能执行维修。在确定批准的服务使用寿命时,疲劳性质可能是主要考虑因素,但是其他性质(例如蠕变、耐腐蚀性等)也可能是因素。

[0033] 在当前系统中,基本操作参数(诸如飞行小时)用于确定飞行器零件(如螺旋桨,例如螺旋桨叶片、螺旋桨毂和暴露于马达(例如,涡轮零件)或安装件中循环应力下的其他零件)的使用寿命和服务间隔。使用的其他典型参数是飞行周期(FC)和日历日,所述FC和日历日在飞行器服务期间被记录,以便监测如螺旋桨疲劳寿命的考虑因素并且基于此类考虑因素来安排维修活动。

[0034] FH、FC和日历日参数用于评估飞行器使用情况的方式依赖于当考虑飞行器部件的实际使用情况时可导致显著不同结果的假设。如果基于这些假设进行的疲劳寿命监测高估了部件使用情况,则可能招致不必要的维修并且零件可能被过早地更换。类似地,如果使用这些参数导致低估了疲劳寿命消耗,则这可对飞行器的安全性具有不利影响。

[0035] 在图1的实施方案中,疲劳寿命监测基于特定飞行器参数数据10使用物理输入,而不是对FH、FC和日历日的粗略估计来进行,尽管这些参数也可用于疲劳寿命监测的评估中。螺旋桨健康情况监测系统在飞行器螺旋桨上不需要除可能已经存在以通知飞行员飞行条件的传感器之外的仪器。作为替代,可在每次飞行期间或在给定飞行周期结束时从FADEC(全权数字发动机控制器)200获取用于部件使用情况计算的飞行器参数数据10。

[0036] 从FADEC 200获取的飞行器参数数据10可以是与螺旋桨的疲劳寿命有关的任何数据。例如,典型的飞行器参数数据可包括空气速度、高度、螺旋桨速度、螺旋桨螺距、功率、飞行器总重、负载系数等中的一项或多项。飞行器参数数据10还可包括螺旋桨和发动机参数数据,例如旋转速度、节气门设置、推力、发动机温度、发动机压力比等。

[0037] 提供的飞行器参数数据可针对整个飞行周期,包括飞行器操作,特别地起飞、巡航、着陆和反向飞行的各个阶段,但也可与爬升和下降阶段有关。监测的飞行阶段范围越大,计算的疲劳寿命部件使用情况值可能越准确。

[0038] 可将存储在FADEC 200中的飞行器参数数据10供应给包括飞行器飞行阶段检测系统12的处理器300。飞行器飞行检测系统12使用由FADEC提供的飞行器参数数据10以确定飞行器正在操作的飞行阶段。

[0039] 可将有关的飞行器参数数据引入专门为螺旋桨开发的算法集合,并且特别地引入适合螺旋桨和/或飞行器特性的此类算法。所述算法可以是基于物理的算法或根据经验导出的算法。替代地,所述算法可包括基于物理的算法和根据经验导出的算法两者。所述算法可以是条件确定算法。特别地,它们可以是基于物理原理的条件确定算法,或者它们可通过经验推理导出。可针对每个飞行阶段调谐算法。基于飞行器参数数据输入10,算法可并入负载计算14以在飞行阶段期间确定螺旋桨的每个关键零件的负载条件并且确定每个关键部件上的应力。例如,这种部件可以是螺旋桨叶片。根据飞行阶段,每个螺旋桨部件可经历不同的负载条件。

[0040] 使用来自负载计算14的输出,分析模块16可确定负载条件与疲劳应力之间的关系。分析模块16可例如使用有限元分析或材料疲劳曲线。可将来自分析模块16的输出进一步反馈回到算法中。然后,算法可用于确定每个关键螺旋桨部件的实际疲劳寿命消耗18。

[0041] 可基于每个关键零件的疲劳寿命消耗来安排维修措施20。

[0042] 图2示出使用本实施方案的系统的飞行器100。飞行器包括机身106和两个机翼108。每个机翼108包括螺旋桨102。应当理解,每个机翼108可包括另外的螺旋桨102。例如,飞行器可总共包括四个或甚至六个螺旋桨102,或者实际上可包括呈任何布置的任何数量的螺旋桨102。替代地,飞机100可包括安装到机身的单一螺旋桨102。此外,可使用机翼和机身的其他布置。

[0043] 每个螺旋桨102包括螺旋桨毂104和连接到螺旋桨毂104的两个或更多个叶片103。图2中的螺旋桨102被描绘为具有四个叶片103。替代地,螺旋桨102可包括两个、三个、五个或六个叶片103(或其他数量的叶片)。

[0044] 飞行器参数数据可由飞行计算机200提供。飞行计算机200可以是FADEC。飞行计算机200通常安装在机身106内。将飞行器参数数据提供给处理器300,所述处理器300将算法集合应用于数据以确定螺旋桨102关键零件的疲劳寿命消耗。

[0045] 处理器300可以是飞行器上或作为远程地面设备的一部分的单独计算装置,其中使用基于地面的装置进行数据下载和分析。飞行器参数数据的处理和分析可在远程服务器上例如使用基于云的技术执行。替代地,处理器300可以是FADEC/飞行计算机200的处理部分,或已经作为飞行器基础设施的一部分的一些其他现有基于处理器的装置。

[0046] 系统可在座舱中的显示器400上提供所计算的部件消耗的结果的输出,例如,对用于每个关键螺旋桨部件(如螺旋桨叶片)的疲劳寿命消耗的显示。例如,这可表示为与航空管理局批准的值相比每个部件消耗的疲劳寿命的百分比。座舱机组成员可使用来自显示器400的数据来相应地安排维修,例如在特定部件的疲劳寿命即将结束的情形下。数据还可通知机组人员是否在造成高寿命消耗速率的条件下操作飞行器。如果疲劳寿命消耗超过预定阈值,则系统可能显示用于维修的警报。预定阈值可在批准服务寿命的80%与99%之间,任选地85至95%,任选地90%。

[0047] 系统还可允许在飞行周期结束之后将计算的数据下载到地面上的服务器500。然后,地面上的服务器500可对飞行数据和关键零件的疲劳寿命消耗进行后处理。下载到服务器500的数据可用于编译数据库,并且可连接到部件管理系统以逐个部件地单个地监测寿命消耗。

[0048] 服务器500可下载同一飞机的多个飞行周期的数据。然后可比较所得数据库内的数据以分析随时间的疲劳寿命消耗。

[0049] 可针对不同操作条件将来自每个飞行周期的数据提供给服务器500。因此,数据可用于分析不同操作条件对各种零件的疲劳寿命消耗速率的影响。考虑操作条件可能对疲劳寿命消耗的影响,机组人员可将所述数据用于未来飞行周期以确定适当的条件。另外,通过分析疲劳寿命消耗速率,可确定对关键零件可能达到其批准寿命极限的时间的更好预测。相应地,可避免或管理过度操作条件。

[0050] 座舱显示器可在任何给定飞行的整个过程中实时更新。这可为机组人员提供针对螺旋桨各种部件的数据,并且然后机组人员能够相应地操作飞行器。例如,在特定螺旋桨的关键部件的疲劳寿命即将结束的情况下,在极端情况下,机组人员可关闭该螺旋桨或降低其功率。

[0051] 此外,基于座舱显示器中的数据,可在需要时安排对飞机的维修。这避免了为了进

行不必要的维修而使飞行器停飞显著时间段的需要。因此,本系统将通过增加飞行器的操作可用性来降低飞行器的总成本/英里运行成本。

[0052] 由于能够准确地跟踪每个部件的疲劳寿命,因此所述系统可最大化关键零件的使用寿命。这可通过在可能时使某些零件“歇置”以延长其使用寿命来实现。

[0053] 准确地确定螺旋桨实际需要维修的时间简化了维修和修理操作的后勤工作。不是将不必要的资源用于不需要的维修,而是将其转移到紧急情况下。此外,所述系统允许实时监测系统的劣化并且因此可确定部件可能出现故障的时间。可相应地计划维修。

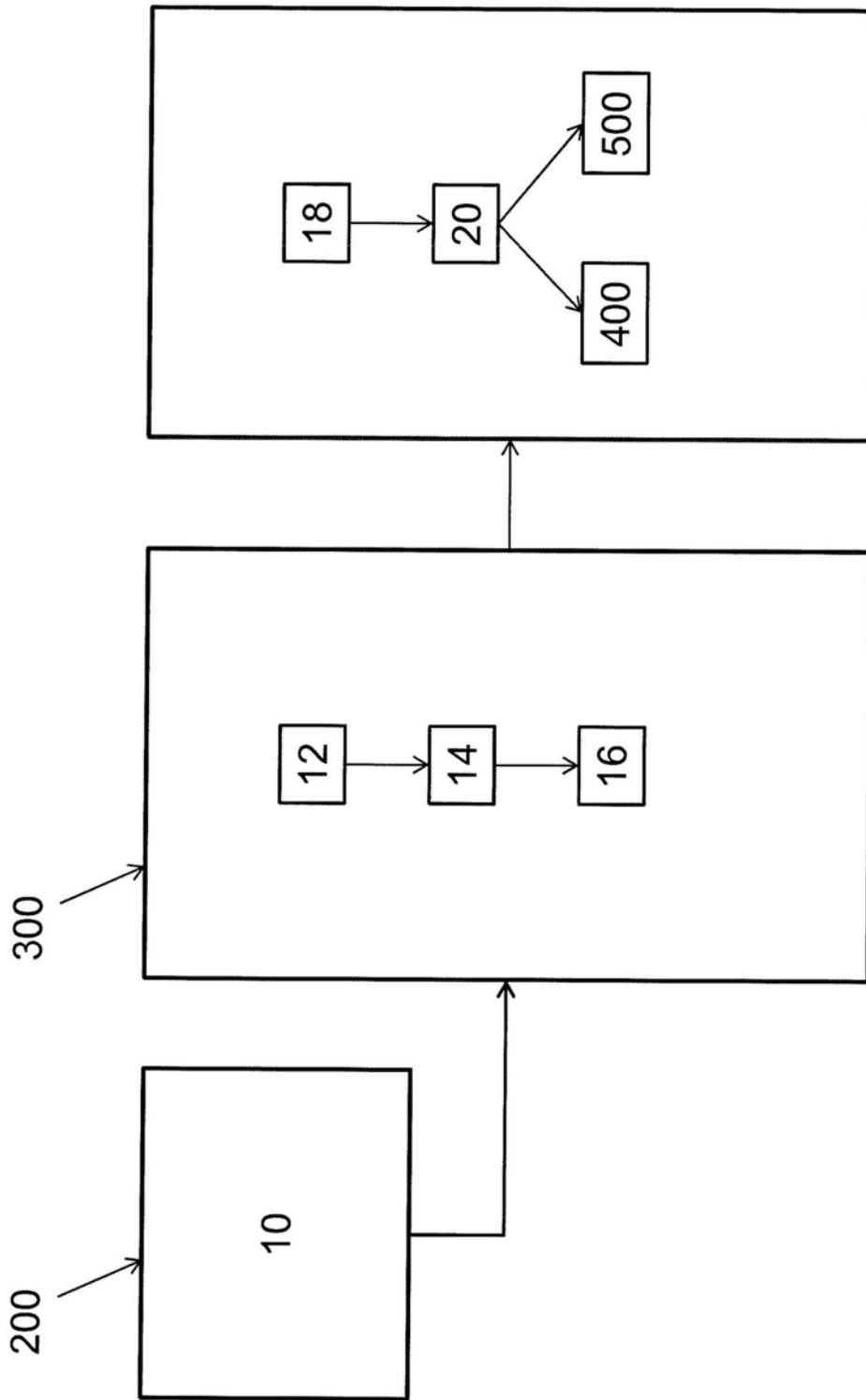


图1

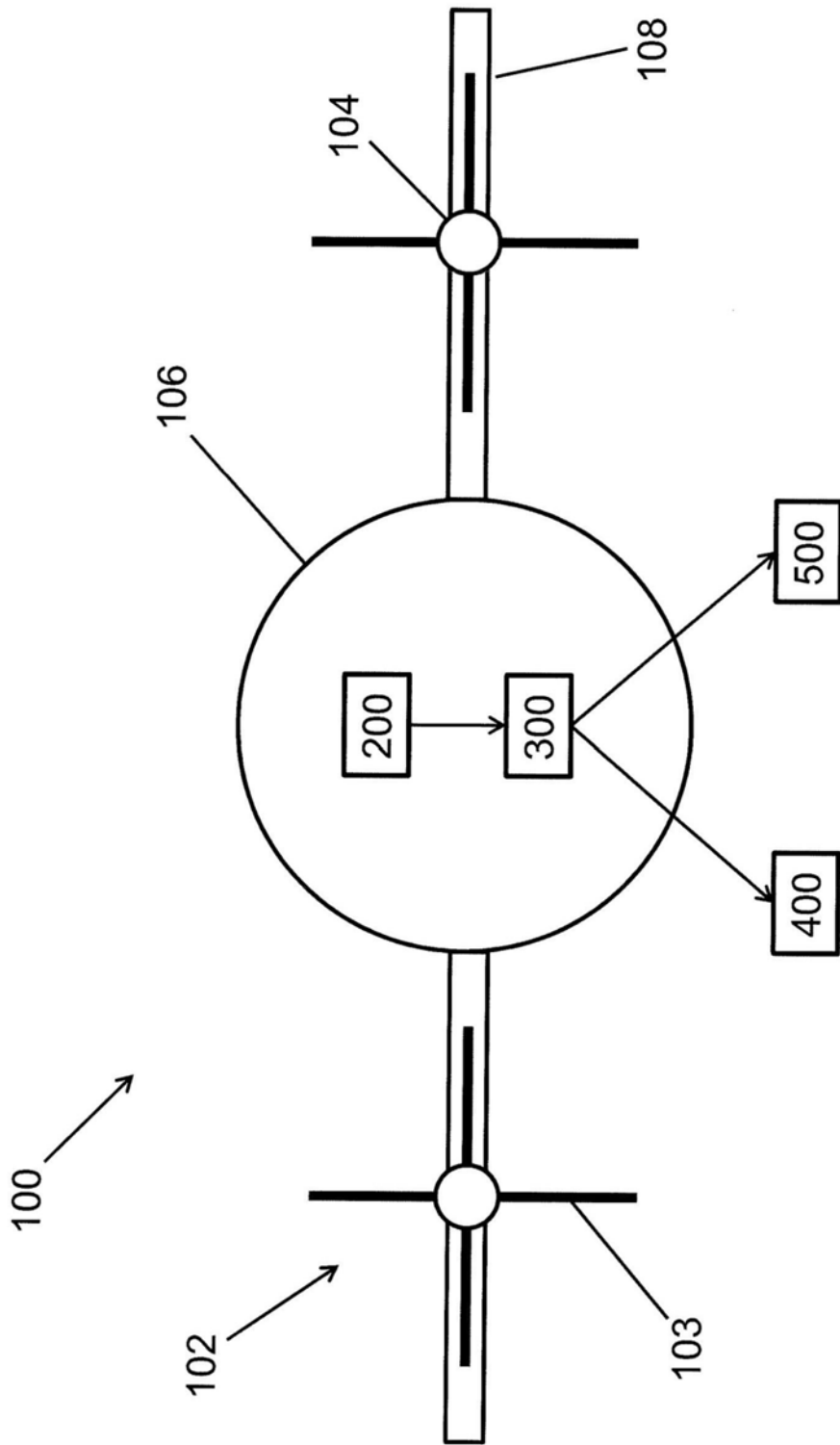


图2