



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 118934251 A

(43) 申请公布日 2024. 11. 12

(21) 申请号 202410182523.6

F02C 9/00 (2006.01)

(22) 申请日 2024.02.19

(30) 优先权数据

FR2304589 2023.05.09 FR

(71) 申请人 空客直升机

地址 法国

(72) 发明人 马克·加齐诺

安托南·普雷沃斯特

(74) 专利代理机构 北京银龙知识产权代理有限

公司 11243

专利代理师 曾贤伟

(51) Int. Cl.

F02C 6/20 (2006.01)

F02C 6/02 (2006.01)

F02C 7/26 (2006.01)

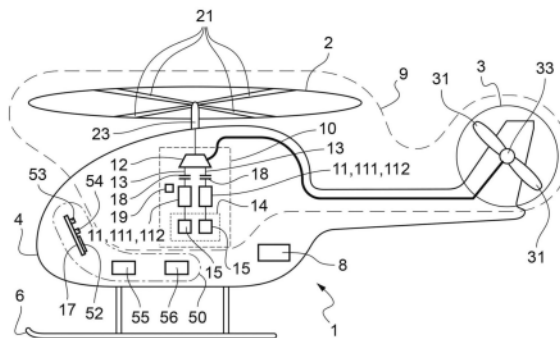
权利要求书3页 说明书13页 附图2页

(54) 发明名称

用于进入和退出双发动机飞行器的经济运行模式的方法和装置

(57) 摘要

本发明涉及一种用于进入和退出双发动机飞行器的经济运行模式的方法和装置,在所述经济运行模式中,所述热力发动机(11)中只有一个有效并向所述旋翼(2、3)提供机械动力。测量所述飞行器(1)的运行参数,然后将其与和所述经济运行模式有关的功能和安全限制进行比较。当所述飞行器(1)处于所述经济运行模式时,如果所述参数中的一个没有遵守功能限制,则发出指示接近所述功能限制的警报以通知飞行员,并且如果所述安全限制之一没有被遵守,则解除所述经济运行模式,不向所述至少一个旋翼(2、3)提供机械动力的每个热力发动机(11)被启动。



1. 一种用于控制飞行器(1)的经济运行模式的方法,所述飞行器(1)设置有至少一个旋翼(2、3)和使所述至少一个旋翼(2、3)旋转的至少两个热力发动机(11),所述飞行器(1)具有被配置为至少在所述经济运行模式中控制所述热力发动机(11)的控制器(14),在所述经济运行模式中,所述热力发动机(11)中的至少一个有效发动机(111)向所述至少一个旋翼(2、3)提供非零机械动力并且其他所述热力发动机(11)中的至少一个钝态发动机(112)不向所述至少一个旋翼(2、3)提机械动力,

所述方法包括以下步骤:

.通过传感器测量(110)所述飞行器(1)的运行参数;

.使用计算器(55)将所述飞行器(1)的所述运行参数与和所述经济运行模式有关的安全限制和功能限制进行比较(120),所述安全限制对所述飞行器(1)的飞行安全有直接影响,所述功能限制对所述飞行器(1)的运行和/或所述经济运行模式的有效性有影响;

.如果所述飞行器(1)处于所述经济运行模式并且所述功能限制中的至少一个没有被遵守,而所述安全限制被遵守,则发出(210)指示已经超过了所述经济运行模式的所述功能限制的警报;并且

.如果所述飞行器(1)处于所述经济运行模式并且所述安全限制中的至少一个没有被遵守,则自动解除(250)所述经济运行模式,所述自动解除(250)包括通过所述控制器(14)激活(258)所述至少一个钝态发动机(112),

其特征在于,

所述方法包括在所述经济运行模式中所述至少一个钝态发动机(112)的正常启动(256)和加速启动(255);

所述正常启动(256)包括所述至少一个钝态发动机(112)在第一时长内的第一加速,直到它向所述至少一个旋翼(2、3)提供非零机械动力;

所述加速启动(255)包括所述至少一个钝态发动机(112)在第二时长内的第二加速,直到它向所述至少一个旋翼(2、3)提供非零机械动力,所述第二时长短于所述第一时长;

在指示已经超过了所述经济运行模式的所述功能限制的警报的所述发出(210)之后,如果所述飞行器(1)的飞行员通过接口(54)授权解除所述经济运行模式,则进行所述正常启动(256);并且

所述加速启动(255)在所述激活(258)期间进行。

2. 根据权利要求1所述的方法,

其中,如果所述飞行器(1)不处于所述经济运行模式并且所述运行参数遵守所述安全限制和功能限制,则所述方法包括发出(230)与所述经济运行模式的可用性有关的信息。

3. 根据权利要求1所述的方法,

其中,如果所述飞行器(1)不处于所述经济运行模式并且所述运行参数遵守所述安全限制和功能限制,则所述方法包括接通(300)所述经济运行模式,所述接通(300)包括通过所述控制器(14)对所述热力发动机(11)中的至少一个热力发动机进行第一控制,使得所述至少一个热力发动机为有效发动机(111),以及通过所述控制器(14)对所述热力发动机(11)中的至少一个其他热力发动机进行第二控制(320),以使所述至少一个其他热力发动机为钝态发动机(112),所述第二控制(320)包括使所述热力发动机(11)中的所述至少一个其他热力发动机停止或空转。

4. 根据权利要求3所述的方法，

其中，所述计算器(55)在所述经济运行模式中从所述热力发动机(11)中确定所述至少一个有效发动机(111)和所述至少一个钝态发动机(112)，所述计算器(55)向所述控制器(14)传输与所述至少一个有效发动机(111)有关的信息以进行所述第一控制(310)，以及传输与所述至少一个钝态发动机(112)有关的信息以进行所述第二控制(320)。

5. 根据权利要求1至4中任一项所述的方法，

其中，指示已经超过了所述经济运行模式的所述功能限制的警报的所述发出(210)包括在所述飞行器(1)的显示装置(52)上显示(211)消息的步骤，所述消息包括与不遵守相关联的所述功能限制的所述至少一个运行参数有关的信息。

6. 根据权利要求1至5中任一项所述的方法，

其中，所述飞行器(1)的所述运行参数包括至少两种参数，所述至少两种参数包括：

. 与所述飞行器(1)的组件(9)有关的推进参数，所述组件(9)包括所述热力发动机(11)、所述至少一个旋翼(2、3)以及将所述热力发动机(11)和所述至少一个旋翼(2、3)机械地连接的机械传动通道(45)，所述推进参数从所述热力发动机(11)的旋转构件处的转矩和旋转速度、所述至少一个旋翼(2、3)的主轴的转矩和旋转速度、所述机械传动通道(45)的旋转构件的转矩和旋转速度、所述热力发动机(11)的内部温度、与所述热力发动机(11)的性能相关联的裕度、与所述热力发动机(11)相关联的发动机计数器以及分别与分别机械地连接到所述热力发动机(11)的所述机械传动通道(45)的轴(13)相关联的传动计数器中选择，每个发动机计数器对一个所述热力发动机(11)的使用数据项进行计数，每个传动计数器对一个所述轴(13)的使用数据项进行计数；

. 所述飞行器(1)的飞行参数，所述飞行参数从前进速度、爬升率、海拔、姿态、相对于被飞越的地面(1)的高度中选择；

. 所述飞行器(1)的操作参数，所述操作参数从所述至少一个旋翼(2、3)的桨叶的受控桨距值、所述飞行器(1)在所述经济运行模式中可接受的前进速度、所述飞行器(1)的设备的状态中选择，所述状态包括与所述设备有关的“正常”运行状态、“停止”状态和“故障存在”状态中的至少两种状态；以及

. 与所述飞行器(1)周围的交通状况和所述飞行器(1)外部的天气状况有关的环境参数。

7. 根据权利要求6所述的方法，

其中，所述安全限制和所述功能限制一起包括：

. 与所述推进参数中的至少一个有关的至少一个推进限制；

. 与所述飞行参数中的至少一个有关的至少一个飞行限制；

. 与所述操作参数中的至少一个有关的至少一个操作限制；以及

. 与所述环境参数中的至少一个有关的至少一个环境限制。

8. 根据权利要求1至7中任一项所述的方法，

其中，所述经济运行模式包括第一运行模式和第二运行模式，在所述第一运行模式中，所述至少一个钝态发动机(112)被停止并且不被供应燃料，在所述第二运行模式中，所述至少一个钝态发动机(112)被启动并且被供应燃料。

9. 根据权利要求8所述的方法，

其中,所述功能限制中的至少一个包括与所述第一运行模式有关的第一功能限制和与所述第二运行模式有关的第二功能限制,所述第一功能限制和所述第二功能限制与相同的运行参数相关联,并且在所述飞行器(1)处于所述第一运行模式并且所述第一功能限制中的至少一个没有被遵守,而所述第二功能限制被遵守的情况下,所述方法包括:

.发出(220)指示已经超过了所述第一运行模式的所述第一功能限制的警报;或者

.在接口(54)已经被所述飞行器(1)的飞行员致动的情况下,接通(260)所述第二运行模式,所述接通(260)包括通过所述控制器(14)启动所述至少一个钝态发动机(112),而所述至少一个钝态发动机(112)不向所述至少一个旋翼(2、3)提供机械动力;或者

.发出(220)指示已经超过了所述经济运行模式限制的所述第一功能限制的警报,并且在所述接口(54)被所述飞行员致动的情况下,接通(260)所述第二运行模式。

10.根据权利要求8或9所述的方法,

其中,所述安全限制中的至少一个包括与所述第一运行模式有关的第一安全限制和与所述第二运行模式有关的第二安全限制,所述第一安全限制和所述第二安全限制与相同的运行参数相关联,并且所述方法包括以下附加步骤:

.在所述飞行器(1)处于所述第一运行模式并且所述第一安全限制中的至少一个没有被遵守,而所述第二安全限制被遵守的情况下,接通(270)所述第二运行模式,所述接通(270)包括通过所述控制器(14)启动(275)所述至少一个钝态发动机(11),而所述至少一个钝态发动机不向所述至少一个旋翼(2、3)提供机械动力。

11.根据权利要求1至10中任一项所述的方法,

其中,所述控制器(14)包括的发动机控制器(15)与所述飞行器(1)包括的热力发动机(11)一样多。

12.一种计算机程序,其包括指令,当所述程序运行时,所述指令使根据权利要求1至11中任一项所述的方法得以实现。

13.一种用于控制飞行器(1)的经济运行模式的系统(50),所述飞行器设置有至少一个旋翼(2、3)和使所述至少一个旋翼(2、3)旋转的至少两个热力发动机(11),所述飞行器(1)具有被配置为至少在所述经济运行模式中控制所述热力发动机(11)的控制器(14),在所述经济运行模式中,所述热力发动机(11)中的至少一个有效发动机(111)向所述至少一个旋翼(2、3)提供机械动力并且其他所述热力发动机(11)中的至少一个钝态发动机(112)不向所述至少一个旋翼(2、3)提供机械动力,所述系统(50)包括:

.至少一个计算器(55);以及

.存储至少一个数据库的至少一个存储器(56),

其特征在于,用于控制经济运行模式的所述系统(50)被配置为实施根据权利要求1至11中任一项所述的方法。

14.一种飞行器(1),

其特征在于,所述飞行器(1)包括根据权利要求13所述的用于控制经济运行模式的系统(50)。

## 用于进入和退出双发动机飞行器的经济运行模式的方法和装置

### 技术领域

- [0001] 本发明在于用于辅助飞行器的驾驶的系统的领域。
- [0002] 本发明涉及一种用于进入和退出双发动机飞行器的经济运行模式的方法和装置。
- [0003] 本发明旨在用于配备有至少两个热力发动机和至少一个旋翼的旋转翼飞行器,热力发动机使这些飞行器的相应的一个或多个旋翼旋转。

### 背景技术

[0004] 这样的旋转翼飞行器包括能够由至少两个热力发动机旋转的至少一个旋翼。为了在一个发动机发生故障的情况下用另一个发动机驱动旋翼,热力发动机也尺寸过大。这种飞行器包括被称为“总”运行模式或“AEO”(其代表“所有发动机运行”)的运行模式,其中每个热力发动机都向所述至少一个旋翼提供非零机械动力,然后热力发动机一起以基本对称的方式向所述至少一个旋翼提供所需的机械动力。

[0005] 为了减少飞行器热力发动机的燃料消耗,可以使用被称为“经济”运行模式的运行模式,主要在巡航飞行阶段。在这种经济运行模式中,单个热力发动机起作用,并提供使飞行器旋翼旋转所需的动力。另一个或多个热力发动机是钝态的,不提供显著的机械动力,或者实际上不提供任何动力。因此,这种经济运行模式涉及热力发动机的不对称运行,因为热力发动机不以相同的方式运行。

[0006] 这样的经济运行模式是有利的,但需要小心使用。事实上,经济运行模式可以节省燃料消耗和直接减少飞行成本或其环境足迹,或者可以通过增加飞行器航程或其可运输的重量来提高飞行器的性能。然而,经济运行模式可能被限制在特定的飞行包线内,以确保飞行安全始终得到保证并确保动力装置提供当前飞行阶段所需的动力。

[0007] 例如,经济运行模式需要在相对于被飞越的地面的最小安全高度的情况下被接通,以便在驱动旋翼的发动机失效的情况下使另一个发动机能够重新激活。

[0008] 根据另一个例子,在高速向前飞行阶段,飞行器需要大量的驱动动力,这种驱动动力在经济运行模式中对热力发动机和/或机械传动通道没有特定损坏的风险的情况下不能被提供,这种损坏很可能会产生额外的维护成本。

[0009] 此外,经济运行模式导致飞行器速度的降低,从而增加飞行时间并因此增加该飞行的运营成本。

[0010] 在这种情况下,由增加的飞行时间和/或由额外的维护成本引起的成本可能大于通过燃料消耗的减少或飞行器性能的提高而获得的节省。

[0011] 根据另一个例子,热力发动机的性能根据飞行器运行的状况而波动,例如风、外部温度或海拔。这些状况可能影响热力发动机产生的动力和/或其燃料消耗。因此,在这些状况下使用经济运行模式可能证明不如飞行中的热力发动机的传统运行模式经济,或者甚至是不可能的。

[0012] 因此,从飞行器操作者的安全考虑和经济问题来看,选择是否使用这种经济运行

模式是一个复杂的技术问题。

[0013] 文献US2020/0362754、EP3738888和W02022/029581描述了具有多个热力发动机的旋翼飞行器的经济运行模式的管理。根据这些文献,在这种经济运行模式中,至少一个发动机是有效发动机,其提供旋翼飞行器所需的驱动动力,并且至少一个其他发动机处于备用状态,向旋翼机提供很少的驱动动力或不提供驱动动力。

[0014] 根据文献US2020/0362754和EP3738888,处于备用状态的发动机可能是空转的,或者以低于空转速度的旋转速度运行。为了进入或退出这种经济运行模式,旋翼飞行器的发动机和/或旋翼的各种运行参数需要在预定范围内,或者低于或高于预定阈值。此外,在需要额外动力的情况下,或者在有效发动机提供的动力下降的情况下(例如,在失效之后),处于备用状态的发动机可以提供额外动力,或者实际上提供其全部动力。

[0015] 文献W02022/029581描述了用于在AEO运行模式和经济运行模式之间切换的条件。经济运行模式可用于飞行器的有限飞行包线,特别是当飞行器处于没有障碍物或飞行限制的区域时。飞行器的前进速度及其旋翼的旋转速度需要位于限定的范围内。飞行器的海拔和相对于地面的高度以及发动机传递的转矩也对是否授权经济运行模式有影响。为了授权经济运行模式,还考虑了飞行器系统和设备的运行状态和/或失效。

[0016] 文献US2020/0388092、US2020/0255159和W02022/029581描述了具有驱动一个或多个旋翼的至少两个发动机的飞行器的不对称操作,其中至少一个第一发动机在有效模式中运行以向旋翼提供驱动动力,并且至少一个第二发动机在备用模式中运行以不向旋翼提供任何驱动动力。

[0017] 根据文献US2020/0388092,可以根据操作者的要求或自动地进行不对称运行。在不对称运行期间,如果飞行器需要增加动力,则可以使第二发动机提供比备用模式中更多的动力,并且可能立即返回到高动力。可以为飞行员显示关于飞行器运行的各种信息,例如发动机的输出动力和目标航程指示器。

[0018] 根据文献US2020/0255159,在接收到发动机可用于不对称运行的确认之后,根据飞行器的一组发动机参数,可用性消息被传输到飞行器的驾驶舱。接下来,当接收到由飞行员发起的使用这种不对称运行的请求时,命令发动机以不对称运行而运行。当这些参数中的一个或多个不再满足不对称运行的条件时,该不对称运行被停用。

[0019] 根据文献W02022/029581,检测与飞行器的操作条件相关联的参数,这些参数包括指示发动机的行为和飞行员施加在旋翼上的控制的位置的参数。接下来,当参数取预定值时,飞行器从第一配置转换到第二配置。在备用模式中,第二发动机不被停止,而是在不向输出轴提供驱动动力的情况下使该输出轴旋转。为机组人员显示一系列信息,以指示必要条件得到满足或者相反未得到满足。

## 发明内容

[0020] 因此,本发明的目的是提出一种用于控制这种经济运行模式的实施的替代方法和系统,以便优化和安全地使用这种经济运行方式。

[0021] 因此,本发明涉及一种用于控制包括至少两个热力发动机的飞行器的经济运行模式的方法和系统,以便在飞行期间管理该经济运行模式的进入和退出。

[0022] 首先,本发明涉及一种用于控制飞行器的经济运行模式的方法,所述飞行器具有

至少一个旋翼和使所述至少一个旋翼旋转的至少两个热力发动机,所述飞行器具有被配置为至少在经济运行模式中控制热力发动机的控制器,在经济运行模式中,热力发动机中的至少一个有效发动机向所述至少一个旋翼提供非零机械动力并且热力发动机中的至少一个钝态发动机不向所述至少一个旋翼提供机械动力。该方法包括以下步骤:

[0023] .通过传感器测量飞行器的运行参数;

[0024] .使用计算器将飞行器的运行参数与和经济运行模式有关的安全限制和功能限制进行比较;

[0025] .如果飞行器处于经济运行模式并且至少一个功能限制没有被遵守,而安全限制被遵守,则发出指示已经超过了经济运行模式的功能限制的警报;并且

[0026] .如果飞行器处于经济运行模式并且至少一个安全限制没有被遵守,则解除经济运行模式,该解除包括通过控制器激活所述至少一个钝态发动机。

[0027] 因此,根据本发明的方法能够在飞行器的飞行期间管理经济运行模式的退出,以便使飞行器的飞行和该经济运行模式的使用更安全。

[0028] 因此,根据本发明的方法可以有利地用于辅助飞行器的飞行员在飞行期间管理这种经济运行模式的使用。

[0029] 事实上,这种经济运行模式将在这种经济运行模式的特定的有限飞行包线中使用,从经济角度来看,这可能会使其使用变得复杂,甚至适得其反。

[0030] 为此,该方法可用于在经济运行模式中将飞行器的运行参数与表征飞行器的有限飞行包线的安全限制和功能限制进行比较。将至少一个运行参数与功能限制进行比较,并将至少一个运行参数与安全限制进行比较。

[0031] 飞行器的运行参数尤其使得能够定义飞行器及其设备(例如,其动力装置和旋翼)的当前运行状态以及其飞行的当前特性。飞行器的运行参数还可以包括气象参数。

[0032] 经济运行模式的限制分为两个层面,包括功能限制和安全限制。安全限制对飞行器的飞行安全有直接影响。因此,必需遵守这些安全限制,以避免将飞行器置于高风险位置。功能限制对飞行器的运行或经济运行模式的有效性有影响。不遵守一个或多个功能限制会导致例如飞行器的非安全功能的丧失和/或可能导致可能在燃料消耗和/或财务节省方面没有节省。

[0033] 因此,当飞行器应用经济运行模式时,一旦飞行器的一个运行参数没有遵守至少一个功能限制,但同时遵守所有安全限制,就会发出指示已经超过了经济运行模式的功能限制的警报。

[0034] 可以以显示在飞行器的显示装置上的消息的形式发出这种指示已经超过了功能限制的警报。例如,所显示的消息包括与不遵守相关联的功能限制的至少一个飞行和运行参数有关的信息,以便通知飞行器的飞行员。

[0035] 不遵守功能限制可能表明经济运行模式的使用没有得到优化和/或所讨论的参数相对于安全限制的裕度正在缩小。然后,飞行员可以立即或在执行正在进行的操纵后对控件施加作用,以确保再次遵守功能限制。

[0036] 此外,一旦安全限制没有被遵守,无论功能限制是否被遵守,经济运行模式都会被自动解除,以便将飞行器置于安全的飞行包线中。在经济运行模式的这种解除过程中,出于安全原因,一个或多个钝态发动机通过控制器自动被激活。

[0037] 如果钝态发动机被停止且未被提供燃料,则激活钝态发动机可能在于启动这个钝态发动机。

[0038] 如果该钝态发动机被启动但例如以空转额定值运转,则激活钝态发动机可能在于使该钝态发动机加速。

[0039] 在任何情况下,激活钝态发动机使其能够提供非零机械动力以使至少一个旋翼旋转。

[0040] 因此,根据本发明的方法有利地在执行经济运行模式的飞行阶段期间,能够在存在不遵守至少一个功能限制的情况时警告飞行员,以便给他或她优化飞行器运行的可能性,并且在存在不遵守至少一个安全限制的情况时自动退出该经济运行模式以便安全地继续飞行。

[0041] 根据本发明的用于控制经济运行模式的方法还可以包括单独或组合考虑的以下特征中的一个或多个。

[0042] 根据与前述可能性兼容的另一种可能性,该方法可以包括在经济运行模式中一个或多个钝态发动机的正常启动和加速启动,以便解除经济运行模式并退出该经济运行模式,然后该热力发动机或这些热力发动机能够向旋翼提供非零机械动力。

[0043] 正常启动和加速启动既可应用于被停止且不被供应燃料的钝态发动机,也可应用于已启动(例如以空转额定值运转)的钝态发动机。

[0044] 例如,正常启动可以包括应用于钝态发动机的第一加速(被称为“正常”加速),该第一加速在第一时长期间进行,直到该热力发动机或这些热力发动机向旋翼提供非零机械动力,或者实际上提供该热力发动机所需的动力。

[0045] 例如,加速启动可以包括应用于钝态发动机的第二加速(被称为“短”加速),该第二加速在第二时长期间进行,直到该热力发动机或这些热力发动机向旋翼提供非零机械动力,或者实际上提供该热力发动机所需的动力。第二时长短于第一时长。因此,加速启动有利地能够比正常启动更快地启动一个或多个钝态发动机。

[0046] 在指示已经超过了经济运行模式的功能限制的警报的发出之后,如果飞行器的飞行员通过人机接口命令退出经济运行模式,则可以进行正常启动。

[0047] 加速启动可以在经济运行模式的解除期间并且更具体地说为了激活每个钝态发动机,在不遵守至少一个安全限制的情况之后进行。

[0048] 根据与前述可能性兼容的另一种可能性,飞行器的运行参数可以包括几种参数,这些参数包括:

[0049] . 与飞行器的组件有关的推进参数,所述组件包括热力发动机、至少一个旋翼以及将热力发动机和至少一个旋翼机械地连接的机械传动通道;推进参数例如从热力发动机的旋转构件处的转矩、旋转速度,至少一个旋翼的主轴的转矩和旋转速度以及机械传动通道的旋转构件处的转矩、旋转速度,与热力发动机的性能有关的、特别是与可用动力有关的裕度,热力发动机的内部温度,与热力发动机相关联的计数器(被称为“发动机计数器”)以及分别与分别机械地连接到热力发动机的机械传输通道的轴相关联的计数器(被称为“传动计数器”)中选择,每个发动机计数器对一个热力发动机的使用数据项进行计数,每个传动计数器对所述轴中的使用数据项进行计数;

[0050] . 飞行器的飞行参数,其从前进速度、爬升率、海拔、姿态、相对于被飞越的地面的

高度中选择;

[0051] . 飞行器的操作参数,所述操作参数例如从所述至少一个旋翼的桨叶的受控桨距值、在经济运行模式中可接受的前进速度、设备(例如,与一个热力发动机连接的电动马达、启动器或启动发电机,或者实际上是电池)的状态中选择,所述设备的状态包括与该设备有关的“正常运行”状态、“停止”状态和“故障存在”状态;以及

[0052] . 与飞行器周围的交通状况和天气状况有关的环境参数,所述天气状况包括例如飞行器外部的温度和大气的压力、强风、雨或雪的存在或者实际上能见度状况。

[0053] 与热力发动机有关的使用数据有助于表征该热力发动机的使用和/或损坏。例如,发动机计数器可以对热力发动机的运行小时、其所经历的蠕变损伤以及气体发生器和涡轮发动机的自由涡轮的循环次数进行计数。

[0054] 与机械传动通道的输入轴有关的使用数据有助于表征该输入轴的使用和/或损坏。例如,传动计数器可以对输入轴的循环次数或运行小时数或者实际上该输入轴在经济运行模式中的使用持续时间进行计数。

[0055] 此外,安全限制和功能限制可以包括与至少一个推进参数有关的至少一个推进限制、与至少一种飞行参数有关的至少一个飞行限制、与至少一个操作参数有关的至少一个操作限制以及与至少一个环境参数有关的至少一个环境限制。

[0056] 因此,这些安全限制和功能限制作为一个整体形成了为经济运行模式所授权的有限包络。

[0057] 安全和功能限制可以包括上限阈值,如果运行参数的值小于该上限阈值,则该运行参数遵守该限制。

[0058] 安全和功能限制可以包括下限阈值,如果运行参数的值大于该下限阈值,则该运行参数遵守该限制。

[0059] 安全和功能限制可以包括飞行和运行参数的值必须所在的范围,以便遵守该限制。

[0060] 安全和功能限制也可以与被称为“状态”参数的运行参数相关联。这样的状态参数可以取至少两个不同的值。例如,当状态参数处于第一状态时,这种限制被遵守,而当参数处于第二状态时,未被遵守。例如,状态参数可以表征设备的运行状态,并包括与该设备有关的“正常运行”状态、“停止”状态或“故障存在”状态。

[0061] 此外,这些限制中的一些限制,无论是安全限制还是功能限制,都可以包括滞后阈值,以防止经济运行模式以不及时的方式反复接通和解除。

[0062] 例如,安全或功能限制可以包括具有第一阈值和第二阈值的较低滞后阈值,第二阈值大于第一阈值。因此,只要运行参数的值大于第二阈值,就认为遵守了该限制。在这种情况下,参数的值也大于第一阈值。当运行参数的值下降到低于第二阈值同时保持大于第一阈值时,也认为遵守了该限制。

[0063] 一旦参数的值下降到低于第一阈值和第二阈值,就认为未遵守该限制,并且只要参数的值小于第二阈值,即,即使参数的值大于第一阈值,也继续认为未遵守该限制。一旦参数的值大于第二阈值并且因此也大于第一阈值,就认为再次遵守了该限制。

[0064] 根据与前述可能性兼容的另一种可能性,在飞行器不处于经济运行模式并且运行参数遵守功能和安全限制的情况下,该方法可以包括发出与经济运行模式的可用性有关的

信息。该信息用于向飞行器的飞行员通知与经济运行模式有关的功能和安全限制被遵守以及因此飞行器可以在没有风险的情况下使用这种经济运行模式并有效地减少燃料消耗,从而降低飞行的运行成本。一旦发出了该信息,飞行员就可以决定通过人机接口命令接通自动运行模式。

[0065] 这种与经济运行模式的可用性有关的信息的发出可以包括在飞行器的显示装置上显示消息、用扬声器发出声音或者用触觉装置发出振动。

[0066] 替代地,在飞行器不处于经济运行模式并且运行参数遵守功能和安全限制的情况下,该方法可以包括接通经济运行模式。例如,如果飞行员先前已经通过合适的人机接口选择了这种可能性,则经济运行模式的这种接通自动发生。

[0067] 接通经济运行模式的步骤可以包括通过控制器对至少一个热力发动机进行第一控制,使得它为有效发动机并向至少一个旋翼提供所需的机械动力,以及通过控制器对热力发动机中的至少一个其他热力发动机进行第二控制,使得它为不向至少一个旋翼提供机械动力的钝态发动机。第二控制包括例如通过控制器使一个或多个其他热力发动机停止或空转。

[0068] 此外,计算器可以针对经济运行模式确定哪个热力发动机可以是或需要是有效发动机以及哪个热力发动机可以是或需要是钝态发动机。计算器然后向控制器传输与有效发动机有关的信息以进行第一控制,以及传输与钝态发动机有关的信息以进行第二控制。

[0069] 例如,该信息可以用于在几次连续飞行中或者实际上在单次飞行中交替使用几个有效发动机,以便平衡热力发动机和每个热力发动机所连接的机械齿轮箱的相关联的输入轴的使用持续时间和损坏。该信息可以根据与飞行器整体有关的推进参数,特别是根据分别由发动机计数器和传动计数器提供的、与热力发动机和机械传动通道有关的使用数据来确定。这能够优化热力发动机和机械传动通道的维护,例如,两个发动机的维护能够同时进行。

[0070] 该信息尤其可以在接通经济运行模式的步骤期间使用,以便定义分别需要应用第一控制和第二控制的热力发动机。

[0071] 根据与前述可能性兼容的另一种可能性,该方法可以包括利用显示装置(例如屏幕)的显示步骤,以便显示一个或多个运行参数以及相关联的功能和安全限制。因此,飞行器的飞行员可以在任何时候查看与这些参数的相对于它们各自的限制的位置有关的信息,并决定飞行员是否可以使用经济运行模式。

[0072] 根据与前述可能性兼容的另一种可能性,控制器可以包括的发动机控制器与飞行器包括的热力发动机一样多,每个发动机控制器专用于单个热力发动机,以便管理、控制和监测其运行。例如,每个发动机控制器都可以将热力发动机的发动机计数器存储在存储器中,并在热力发动机运行期间使其递增。

[0073] 这样的发动机控制器例如是EECU或电子发动机控制单元,或者可以是FADEC或全权数字发动机控制系统的一部分。

[0074] 根据与前述可能性兼容的另一种可能性,经济运行模式可以包括第一运行模式和第二运行模式,在第一运行模式中,钝态发动机被停止并且不被供应燃料,在第二运行方式中,钝态发动机被启动并且被供应燃料,而不向至少一个旋翼提供机械动力。

[0075] 飞行器可以具有这两种经济运行模式,也可以仅具有这两种经济运行模式中的一

种。

[0076] 此外,一些限制,无论是功能限制还是安全限制,对于第一运行模式和第二运行模式可能是不同的。

[0077] 因此,功能限制中的至少一个可以包括与第一运行模式有关的第一功能限制和与第二运行模式有关的第二功能限制,然后第一功能限制和第二功能限制与相同的运行参数相关联。类似地,安全限制中的至少一个可以包括与第一运行模式有关的第一安全限制和与第二运行模式有关的第二安全限制,然后第一安全限制和第二安全限制与相同的运行参数相关联。

[0078] 如果飞行器处于第一运行模式并且第一功能限制中的至少一个没有被遵守,而第二功能限制被遵守,第一安全限制和第二安全限制被遵守,则可以进行发出指示已经超过了第一功能限制的警报的步骤。该警报可以是视觉的,为通知飞行员哪个运行参数不遵守第一功能限制的显示消息的形式,或者实际上是音频的或触觉的。

[0079] 在这些情况下,替代地或附加地,如果人机接口被致动或先前已经被飞行器的飞行员致动,则可以自动进行接通第二运行模式的步骤。该接通步骤可以包括启动在该第一运行模式中被停止的一个或多个钝态发动机,而它们不向至少一个旋翼提供机械动力。这种启动步骤通过控制器来进行。

[0080] 如果飞行器处于第一运行模式并且第一安全限制中的至少一个没有被遵守,而第二安全限制被遵守,则可以自动进行接通第二运行模式的步骤。该接通步骤可以包括启动在该第一运行模式中被停止的一个或多个钝态发动机,而它们不向至少一个旋翼提供机械动力。这种启动步骤通过控制器来进行。

[0081] 与上述正常启动有关的第一时长对于第一运行模式和第二运行模式可以不同。例如,该第一时长对于第一运行模式比对于第二运行模式更长。对于第一运行模式,第一时长可以等于30秒,而对于第二运行模式,可以等于20秒。

[0082] 类似地,与上述加速启动有关的第二时长对于第一运行模式和对于第二运行模式可以不同。例如,该第二时长对于第一运行模式比对于第二运行模式更长。对于第一运行模式,第二时长可以等于10秒,而对于第二运行模式,可以等于5秒。

[0083] 本发明还涉及一种计算机程序,其包括指令,在程序运行时,该指令导致上述根据本发明的方法得以实现。例如,该程序由嵌入在飞行器上的计算器或计算机运行,该计算器或计算机包括至少一个处理器、至少一个集成电路、至少一个可编程系统、至少一个逻辑电路以及存储器,这些示例不限制表述“计算器”或“计算机”的范围。

[0084] 存储器可以用于存储计算机程序和计算机程序使用的不同信息(即,安全限制和功能限制)以及飞行器的运行参数(例如,气象参数)。

[0085] 本发明还涉及一种用于控制飞行器的经济运行模式的系统,所述飞行器具有至少一个旋翼和使所述至少一个旋翼旋转的至少两个热力发动机,所述飞行器具有被配置为在经济运行模式中控制热力发动机的控制器,在该经济运行模式中,热力发动机中的至少一个有效发动机向至少一个旋翼提供机械动力并且其他热力发动机中的至少一个钝态发动机不向至少一个旋翼提供机械动力。该控制系统包括至少一个计算器和存储指令的至少一个存储器。用于控制经济运行模式的系统连接到热力发动机的控制器,并且被配置为通过这些指令来实现上述方法。

[0086] 控制系统嵌在飞行器上,并通过无线或有线链路连接到热力发动机的控制器。控制系统可以包括用于特别显示警报消息的显示装置,例如屏幕。

[0087] 本发明最后涉及一种包括这种控制系统的飞行器。

## 附图说明

[0088] 本发明及其优点在以下通过说明和参照附图给出的实施方式的描述的上下文中更详细地呈现,在附图中:

[0089] .图1示出了具有用于控制经济运行模式的系统的飞行器;以及

[0090] .图2是用于控制飞行器的经济运行模式的方法的概览图。

[0091] 多个图中存在的元件在每个图中都有相同的附图标记。

## 具体实施方式

[0092] 飞行器1在图1中示出。所示的飞行器1是旋转翼飞行器,其包括机身4、起落架6、动力装置10和由动力装置10旋转的至少一个旋翼2、3。在所示的示例中,飞行器1包括两个旋翼2、3,即,布置在机身4上方的主旋翼2和布置在飞行器1的尾梁上的后旋翼3。动力装置10和旋翼2、3形成使飞行器1能够移动的组件9。

[0093] 动力装置10包括至少两个热力发动机11、控制热力发动机11的运行的控制器14以及布置在热力发动机11与旋翼2、3之间的机械传动通道。该机械传动通道尤其设置有主齿轮箱12。主齿轮箱12包括输入轴13,输入轴13各自例如经由飞轮机械地且单独地与热力发动机11中的一个连接。图1所示的动力装置10的例子包括两个热力发动机11,但这种动力装置10可以包括至少三个热力发动机11。

[0094] 例如,控制器14包括的发动机控制器15可以与动力装置10包括的热力发动机11一样多。每个发动机控制器15都连接到相应的热力发动机11,并且可以控制和监测该热力发动机11的运行。每个发动机控制器15都能够通过布置在热力发动机11上的传感器来测量与该热力发动机11有关的推进参数,例如该热力发动机11的旋转构件处的转矩和旋转速度、该热力发动机11的(例如燃烧室或压缩机出口的)内部温度以及与该热力发动机11的性能有关、特别是与该热力发动机11实际可用的动力有关的裕度。

[0095] 推进参数还包括这些热力发动机11的使用数据。每个热力发动机11的使用数据(例如其运行时间或执行的循环次数)由发动机计数器计数。推进参数可以存储在发动机控制器15的存储器中。

[0096] 组件9可以包括用于测量与旋翼2、3和机械传动通道有关,特别是与机械齿轮箱12有关的推进参数的其他传感器,为了清楚起见,这些传感器在图1中没有被示出。这些推进参数包括在旋翼2、3的相应的主轴23、33处的转矩和旋转速度(例如,通过转矩计和转速表测量)、机械传动通道的旋转构件的转矩和旋转速度(例如,在输入轴13处,例如使用转矩计和转速表测量)以及输入轴13的使用数据。每个输入轴13的使用数据(例如,其运行时间或执行的循环次数)由传动计数器计数。这些与旋翼2、3和机械传动通道有关的推进参数可以存储在动力装置10的存储器19中。

[0097] 替代地,推进参数可以存储在专用存储器中或飞行器1的航空电子系统8的存储器中。

[0098] 该航空电子系统8可以包括多个传感器或连接到多个传感器,以便测量飞行器1的运行参数。这些运行参数包括与飞行器1有关的飞行参数,例如飞行器1的前进速度、爬升率、海拔、姿态和/或相对于被飞越的地面的高度。飞行器1的这些飞行参数可以例如通过转速表、加速度计、惯性单元、压力高度表或无线电高度表来测量。

[0099] 这些运行参数还可以包括飞行器1的操作参数。这些操作参数可以包括旋翼2、3的桨叶21、31的受控桨距值,或者在经济运行模式中飞行器1可接受的前进速度。这种可接受的前进速度根据每个热力发动机11实际可用的动力来确定。因此,该可接受的前进速度可以根据所使用的热力发动机11而不同。

[0100] 这些操作参数还可以包括飞行器1的设备的状态。这种状态表征每个设备是处于正常或标称运行状态(例如,处于正常或额定模式,即没有失效或故障且具有正常性能),还是处于下降模式(即,具有有限性能),还是处于失效状态。例如,飞行器1的这种设备可以包括与热力发动机11连接的电动马达、启动器或启动发电机,或者实际上是电池。

[0101] 最后,这些运行参数可以包括环境参数,该环境参数包括飞行器周围的交通状况和天气状况。交通状况包括例如交通状态,以便定义交通状况是否重要,例如,围绕飞行器1飞行的飞行器的数量是否大于预定数量。天气状况包括例如位于飞行器1外部的环境中的外部温度和大气压力的测量值。天气状况可以包括风速值、表征雨或雪的存在状态或者表征能见度状况的状态,例如良好或下降。

[0102] 为了驱动旋翼2、3,动力装置10可以实现多种运行模式。例如,在AEO运行模式中,控制器14控制热力发动机11的运行,使得所有热力发动机11都被使用并且每个热力发动机都向旋翼2、3提供非零机械动力,从而它们以基本对称的方式一起提供旋翼2、3和飞行器1正确起作用所需的机械动力。

[0103] 替代地,控制器14可以在经济运行模式中控制热力发动机11的运行,使得热力发动机11中的至少一个是向旋翼2、3提供非零机械动力的有效发动机111。动力装置10的其他热力发动机11中的每一个都是钝态发动机112,该钝态发动机112则不向旋翼2、3提供机械动力并且不促进旋翼2、4的旋转。这种经济运行模式的目的是降低动力装置10的燃料消耗,并因此降低飞行器1的飞行成本。经济运行模式尤其旨在用于巡航飞行。

[0104] 经济运行模式可以帮助节省资金或燃料消耗,对于给定的燃料量可以增加飞行器1的航程,或者可以增加由飞行器1运输的附加有效载荷的重量。

[0105] 然而,可以使用经济运行模式的飞行包线受到几个限制。一个这样的限制可以包括上限阈值、下限阈值或要遵守的范围,可能使用滞后阈值。这种限制也可能与特定的状态有关。经济运行模式的这些限制包括功能限制和安全限制。

[0106] 这些安全限制和功能限制可以包括与至少一个推进参数有关的至少一个推进限制、与至少一个飞行参数有关的至少一个飞行限制、与至少一个操作参数有关的至少一个操作限制以及与至少一个环境参数有关的至少一个环境限制。

[0107] 此外,经济运行模式可以包括单个运行模式。替代地,经济运行模式可以包括至少两个不同的运行模式。

[0108] 当经济运行模式包括至少两种不同的运行模式时,对于给定的运行参数,特定和不同的安全和功能限制可以与这些运行模式中的每一种相关联。

[0109] 例如,飞行限制可以包括安全高度或最小前进速度,该安全高度对于每次经济运

行模式可能不同,低于该安全高度,飞行器1一定不能以经济运行模式飞行,所述最小前进速度通常称为 $V_y$ ,其对于每次经济运行模式可能相同,低于该最小前进速度,飞行器1一定不能以经济运行模式飞行。滞后阈值可以用于这些飞行限制,例如两个阈值之间有5%的差异。这两个飞行限制是安全限制。

[0110] 飞行限制还可以包括飞行器1的最大姿态,例如分别等于 $\pm 10^\circ$ 的最大俯仰角和最大滚转角。这个飞行限制是功能的。事实上,飞行器1的滚转角例如可以在转弯时临时增大,而不影响飞行安全。

[0111] 推进限制可以包括与热力发动机11可以提供的实际动力或主齿轮箱12可以传输的实际动力有关的最小裕度,相关联的推进参数一定不能低于该最小裕度。例如,这样的最小裕度等于1%。这两个推进限制是安全限制。推进限制通常是安全限制,因为它们对将飞行器1保持在空中有直接影响。

[0112] 环境限制可以包括最大风速,最大风速是功能限制。环境限制也可以包括雨或雪的存在,或者飞行区域中大量交通的存在。这些环境限制是安全限制。

[0113] 环境限制也可以包括能见度不足,其重要性可以由飞行员自行决定。事实上,如果飞行远离繁忙的交通区域并且远离任何救济或障碍物,这种限制可能是功能限制。否则,它可能会变成安全限制。例如,与能见度有关的环境参数可以包括两种状态,即能见度良好和能见度下降,相关联的环境限制在“良好”状态下被遵守,而在“下降”状态下没有被遵守。

[0114] 例如,操作限制可以包括飞行器1的设备(无论该设备是液压的还是电气的)的状态。例如,当设备处于正常或标称运行状态时,一个这样的操作限制被遵守,而当设备被损坏或失效时,没有被遵守。根据设备,这种限制可能是功能和安全限制。例如,如果它与冗余导航装置有关,并且至少有两个仍在起作用,则该限制可能是功能的。然而,当只有单个装置保持起作用时,该限制就变成了安全限制。

[0115] 操作限制还可以包括旋翼2、3的桨叶的受控桨距值的增加的上限,经济运行模式中的可用动力与大于该上限的增加不兼容。例如,该上限等于每秒3度。可以应用滞后阈值,例如10%的差值能够将两个阈值分开。

[0116] 操作限制还可以包括与在经济运行模式中可接受的前进速度有关的范围,前进速度需要位于该范围内,以便遵守该限制。可以应用滞后阈值,例如2%的差值能够将两个阈值分开。

[0117] 此外,飞行器1包括用于控制飞行器1的经济运行模式的系统50。该控制系统50包括计算器55、存储器56和显示装置52,例如布置在飞行器1的仪表板17上的屏幕。控制系统50还可以包括扬声器53和人机接口54。人机接口54可以包括可由个人使用的任何系统,例如触摸屏面板或具有多个位置的旋钮。

[0118] 控制系统50的计算器55通过有线或无线链路连接到控制器14。计算器还通过有线或无线链路连接到航空电子系统8和/或飞行器1的不同传感器,以便接收飞行器1的运行参数。

[0119] 控制系统50可以用于帮助飞行器1的飞行员管理运行模式,特别是经济运行模式。实际上,控制系统50被配置为实现用于控制飞行器1的经济运行模式的方法。

[0120] 为此,存储器56可以存储特别是使得能够进行控制方法的指令和/或计算机程序,该控制方法的概览图在图2中示出。控制系统50的计算器55能够进行该方法。

[0121] 控制方法包括以下步骤。

[0122] 首先,在测量步骤110期间,使用不同的传感器来测量运行参数。这些运行参数的测量值可以通过有线或无线链路以电信号或光信号的形式传输到计算器55,该电信号或光信号可以是数字的或模拟的。这些运行参数的测量值也可以被传输到存储器以进行存储。

[0123] 接下来,在比较步骤120期间,通过计算器55将这些运行参数的测量值分别与和经济运行模式有关并与这些参数相关联的安全和功能限制进行比较,以便验证每个运行参数是否遵守相关联的安全或功能限制。

[0124] 在该比较120之后,根据是否正在使用经济运行模式,可以执行不同的步骤。

[0125] 如果与经济运行模式的使用有关的条件C1被验证并且如果与限制是否被遵守有关的条件C2在比较120之后得出至少一个功能限制没有被遵守,而安全限制被遵守的结论,则向飞行器1的飞行员发出210指示已经超过了经济运行模式的功能限制的警报。为此,计算器55向发出该警报的装置发送光信号或电信号,该光信号或电信号可以是数字的或模拟的。

[0126] 这种指示已经超过了限制的警报的这种发出210可以包括在显示装置52上显示211消息的步骤。该消息包括与不遵守相关联的功能限制的至少一个运行参数有关的信息。这种指示已经超过了限制的警报的这种发出210还可以包括通过扬声器53发出213声音或者通过例如布置在总桨距控制杆上的触觉装置发出215振动的步骤。

[0127] 因此通知飞行员未遵守该功能限制,并且飞行员可以对飞行器的控件进行作用,以便返回到经济运行模式的飞行包线。

[0128] 飞行员也可以例如通过人机接口54手动命令退出经济运行模式。人机接口54然后向控制器14发送携带这样的命令的光信号或电信号,该光信号或电信号可以是数字的或模拟的。

[0129] 然后通过控制器14控制一个或多个钝态发动机112的正常启动256,以便解除经济运行模式。该正常启动256是通过如下方式来执行的:在第一时长期期间实现的该钝态发动机112或这些钝态发动机112的第一加速,直到该热力发动机11或这些热力发动机11向旋翼2、3提供非零机械动力,然后动力装置10向旋翼2、3提供非零机械动力。飞行器1然后例如处于AE0运行模式。

[0130] 不遵守功能限制的一个或多个运行参数不被修改,但是飞行器1随后在几个热力发动机11向旋翼2、3提供机械动力的情况下行进。然后扩展飞行包线并使飞行包线与这些参数的值相兼容。

[0131] 替代地,控制系统50的半自动操作可能已经由飞行员预先设定。在该半自动运行模式中,一旦发出210指示已经超过了限制的警报,控制器14就自动命令并进行一个或多个钝态发动机112的正常启动256。

[0132] 此外,如果与经济运行模式的使用有关的条件C1被验证并且如果与限制是否被遵守有关的条件C2在比较120之后得出至少一个安全限制没有被遵守的结论,则不管功能限制是否被遵守,经济运行模式都被解除250,然后计算器55向控制器14发送携带这样的命令的光信号或电信号,该光信号或电信号可以是数字的或模拟的。在该解除250期间,通过控制器14自动激活258一个或多个钝态发动机118。

[0133] 该解除250可以包括一个或多个钝态发动机112的加速启动255,以便解除经济运

行模式。

[0134] 加速启动255通过控制器14利用该钝态发动机112或这些钝态发动机112的第二加速来进行,第二加速在第二时长期间进行,直到该热力发动机11或这些热力发动机11向旋翼2、3提供非零机械动力,第二时长短于第一时长。加速启动255因此有利地能够快速启动一个或多个钝态发动机112,以便使飞行器1尽快返回到安全飞行包线。

[0135] 此外,经济运行模式例如可以包括两种不同的运行模式。在第一运行模式中,一个或多个钝态发动机112被停止并且不被供应燃料。在第二运行模式中,一个或多个钝态发动机112被启动并在空转状态下运行。

[0136] 在这种情况下,特定的飞行包线可以分别与第一运行模式和第二运行模式相关联。与第一运行模式相关联的飞行包线比与第二运行模式相关联的飞行包线更具限制性。因此,这些限制,无论是功能限制还是安全限制,都可能相应地包括与第一运行模式有关的第一限制和与第二运行模式有关的第二限制。

[0137] 根据本发明的方法然后可以包括这两种经济运行模式特定的步骤。例如,当与第一运行模式的使用有关的条件C3被验证时并且如果与限制是否被遵守有关的条件C4在比较120之后得出至少一个第一功能限制没有被遵守,而第一安全限制被遵守的结论,则向飞行器1的飞行员发出220指示已经超过了第一功能限制的警报。为此,计算器55向发出该警报的装置发送光信号或电信号,该光信号或电信号可以是数字的或模拟的。

[0138] 因此通知飞行员未遵守该第一功能限制,并且飞行员可以对飞行器1的控件进行作用,以返回到与第一运行模式有关的飞行包线。飞行员还可以例如通过人机接口54命令第二运行模式的接通260。被停止的一个或多个钝态发动机112然后通过控制器14启动,同时仍保持钝态,即不向旋翼2、3提供机械动力。人机接口54然后向控制器14发送携带这样的命令的光信号或电信号,该光信号或电信号可以是数字的或模拟的。

[0139] 不遵守第一功能限制的一个或多个运行参数不被修改,但是飞行器1随后在第二运行模式中并且在与这些参数的值兼容的扩展飞行包线中行进。

[0140] 替代地,控制系统50的半自动操作可能已经由飞行员预先设定。在该半自动运行模式中,一旦发出220指示已经超过了第一功能限制的警报,控制器14就命令并进行第二运行模式的接通260。

[0141] 类似地,当与第一运行模式的使用有关的条件C3被验证时,如果与限制是否被遵守有关的条件C4在比较120之后得出至少一个第一安全限制没有被遵守,而第二安全限制被遵守的结论,则不管第一功能限制和第二功能限制如何,第二运行模式都由控制器14接通270。被停止的一个或多个钝态发动机11然后由控制器14启动,同时仍保持钝态,即不向旋翼2、3提供机械动力。

[0142] 不遵守第一安全限制的一个或多个运行参数不被修改,但是飞行器1随后在第二运行模式中并且在与这些参数的值兼容的扩展飞行包线中行进。

[0143] 该方法还包括在条件C1未得到验证的情况下(即,飞行器1不以经济运行模式行进)的其他步骤。

[0144] 事实上,如果条件C1未得到验证并且与限制(无论它们是功能限制还是安全限制)是否被遵守有关的条件C5在比较120之后得到验证,则计算器15发出230与经济运行模式的可用性有关的信息。

[0145] 发出230与经济运行模式的可用性有关的信息可以包括在显示装置52上显示231消息的步骤。该消息包括指示经济运行模式可运行的信息。与经济运行模式的可用性有关的信息的这种发出230还可以包括通过扬声器53发出233声音或者通过例如布置在总桨距控制杆上的触觉装置发出235振动的步骤。

[0146] 因此,通知飞行员可以使用经济运行模式,并且飞行员可以例如对人机接口54进行作用以接通经济运行模式。人机接口54然后向控制器14发送携带用于接通经济运行模式的信息的光信号或电信号,该光信号或电信号可以是数字的或模拟的。

[0147] 该经济运行模式然后通过控制器14接通300。该接通300包括通过控制器14对至少一个热力发动机11进行第一控制310,使得它是有效发动机111并且向旋翼2、3提供所需的机械动力,以及通过所述控制器14对热力发动机11中的至少一个其他热力发动机进行第二控制320,使得它是不向旋翼2、3提供机械动力的钝态发动机112。该第二控制320可以包括使该至少一个其他钝态发动机112停止或空转。

[0148] 替代地,控制系统50的半自动操作可能已经由飞行员预先设定。在该半自动运行模式中,一旦发出230与经济运行模式的可用性有关的信息,控制器14就自动接通300经济运行模式。

[0149] 此外,计算器55可以使用推进参数,特别是与分别由发动机计数器和传动计数器提供的与热力发动机11和机械传动通道有关的使用数据,来确定哪一个或多个热力发动机111可以是有效发动机111,并且因此确定哪一个或多个热力发动机111必须是钝态发动机112。计算器55可以向控制器14发送与可能是向旋翼2、3提供非零机械动力的有效发动机111的该热力发动机11或这些热力发动机11有关的信息,以便进行第一控制310,以及发送与可能是不向旋翼2、3提供任何机械动力的钝态发动机112的该热力发动机11或这些热力发动机11有关的信息,以便进行第二控制320。

[0150] 该信息尤其可以在接通300经济运行模式的步骤期间使用,以便定义分别需要应用第一控制310和第二控制320的热力发动机11。

[0151] 自然地,本发明在其实现方面受到许多变化的影响。尽管上面描述了几个实施方式,但是应当容易理解,无法想到穷尽地识别所有可能的实施方式。在不超出本发明和权利要求的范围的情况下,用等效装置代替所描述的任何装置自然是可能的。

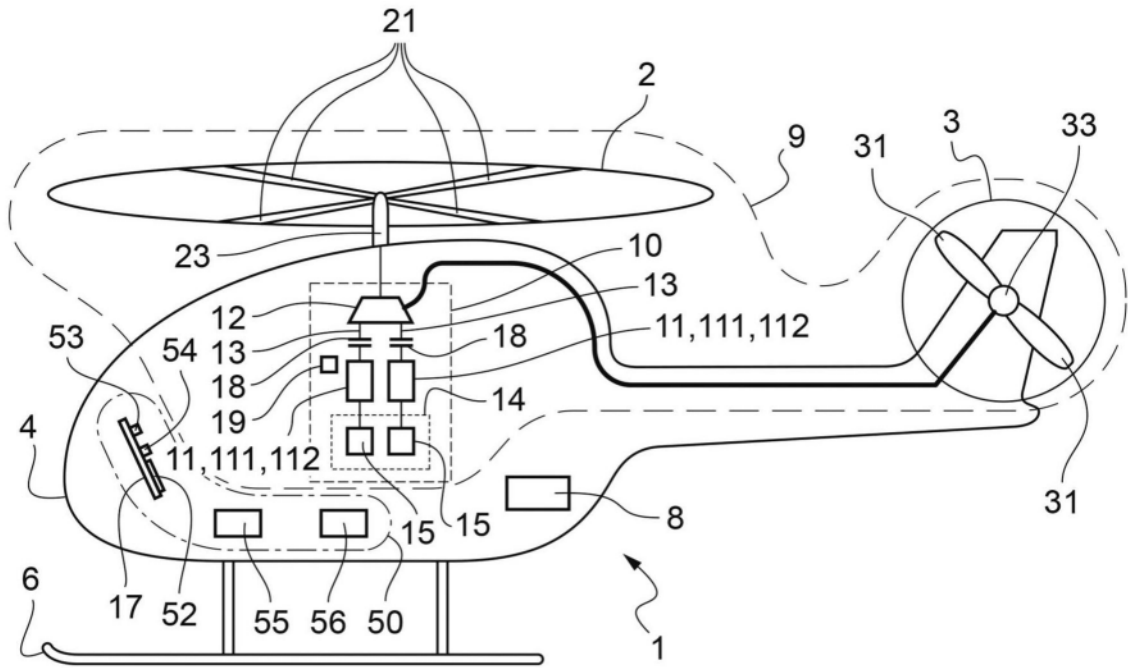


图1

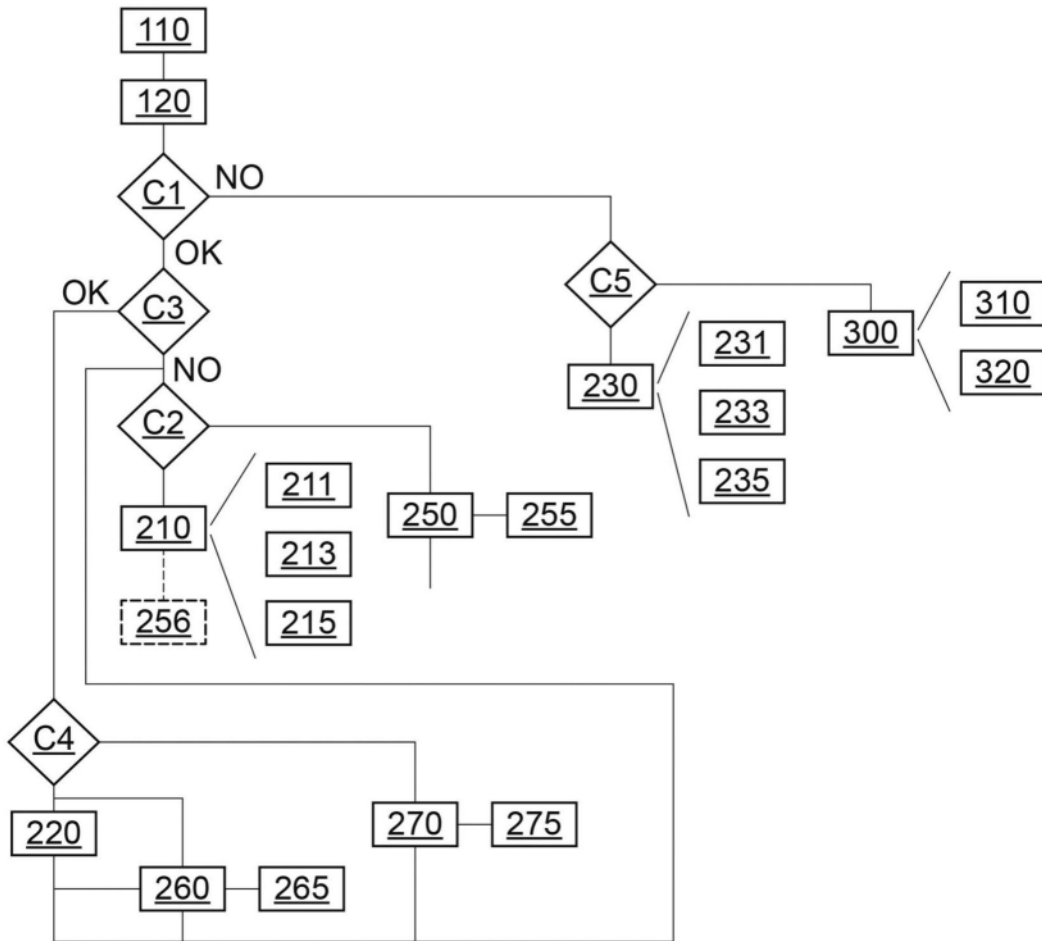


图2