



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110872986 A

(43)申请公布日 2020.03.10

(21)申请号 201910826920.1

(22)申请日 2019.09.03

(30)优先权数据

102018214923.2 2018.09.03 DE

(71)申请人 劳斯莱斯德国有限两合公司

地址 德国布兰肯费尔德-马洛

(72)发明人 H.米卡特

(74)专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公

司 72001

代理人 杨国治 李建新

(51)Int.Cl.

F02C 9/54(2006.01)

B01D 35/143(2006.01)

F15B 21/041(2019.01)

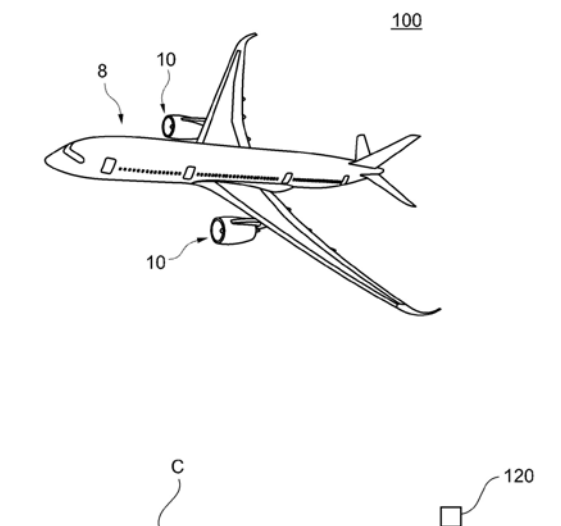
权利要求书1页 说明书7页 附图4页

(54)发明名称

伺服阀过滤元件的监控

(57)摘要

一种用于确定燃气涡轮机驱动机构(10)的至少一个伺服阀组件(130A、130B)的至少一个过滤元件(136A-136E)的状态的方法,包括如下步骤:借助于测量机构(110)在不同的时间点和/或时间段检测(S1)大量的、伺服阀组件(130A、130B)的电执行器(134)的控制电流的值;并且借助于分析机构(120)分析(S3)大量的值,其中,求得所述控制电流的时间上的变化,并且根据控制电流时间上的变化确定所述过滤元件(136A-136E)的状态。此外,提供用于确定至少一个这种过滤元件的状态的系统。



1. 一种用于确定燃气轮机驱动机构(10)的至少一个伺服阀组件(130A、130B)的至少一个过滤元件(136A-136E)的状态的方法,包括如下步骤:

-借助于测量机构(110)在不同的时间点和/或时间段检测(S1)大量的、所述伺服阀组件(130A、130B)的电执行器(134)的控制电流的值;以及

-借助于分析机构(120)分析(S3)大量的值,其中,求得所述控制电流的时间上的变化,并且

根据所述控制电流的时间上的变化确定所述过滤元件(136A-136E)的状态。

2. 根据权利要求1所述的方法,其中,在所述不同的时间点和/或时间段相应地求得所述控制电流相对于用于所述伺服阀组件(130A、130B)的伺服阀(131A、131B)的阀动力学的尺度、尤其调节速度的走向。

3. 根据权利要求2所述的方法,其中,在分析所述控制电流的时间上的变化时求得所述控制电流的走向的时间上的变化。

4. 根据前述权利要求中任一项所述的方法,其中,不同的时间点或时间段相应于具有所述燃气轮机驱动机构(10)的飞机(8)的不同的飞行。

5. 根据前述权利要求中任一项所述的方法,其中,所述不同的时间点或时间段分别相应于所述燃气轮机驱动机构(10)的加速操纵、连续的运行状态或运行准备的状态。

6. 根据前述权利要求中任一项所述的方法,其中,所述分析包括所述过滤元件(136A-136E)的未来的状态的预测。

7. 根据前述权利要求中任一项所述的方法,其中,所述至少一个伺服阀组件(130A、130B)包括设立用于控制所述燃气轮机驱动机构(10)的燃料供应的伺服阀(131A)和/或设立用于控制所述燃气轮机驱动机构(10)的叶片的设置的伺服阀(131B)。

8. 根据前述权利要求中任一项所述的方法,其中,所述分析离线地进行。

9. 用于确定燃气轮机驱动机构(10)的至少一个伺服阀组件(130A、130B)的至少一个过滤元件(136A-136E)的状态的系统(100),包括:

-测量机构(110),用于在不同的时间点和/或时间段检测大量的、所述伺服阀组件(130A、130B)的电执行器(134)的控制电流的值;和

-分析机构(120),用于分析大量的值,其中,利用所述分析机构(120)能够求得所述控制电流的时间上的变化,以便确定所述过滤元件(136A-136E)的状态。

10. 根据权利要求9所述的系统,所述系统设立用于执行根据权利要求1至8中任一项所述的方法。

11. 根据权利要求9或10所述的系统,包括所述伺服阀组件(130A、130B)。

12. 根据权利要求9至11中任一项所述的系统,包括所述燃气轮机驱动机构(10)。

13. 根据权利要求11所述的系统,其中,所述测量机构(110)布置在所述燃气轮机驱动机构(10)处,尤其固定地与其连接。

14. 根据权利要求11或12所述的系统,其中,所述分析机构(120)与所述燃气轮机驱动机构(10)间隔开布置。

15. 根据权利要求13所述的系统,其中,所述燃气轮机驱动机构(10)能够相对于所述分析机构(120)运动。

伺服阀过滤元件的监控

技术领域

[0001] 本公开涉及根据权利要求1的和根据权利要求9的用于确定燃气轮机驱动机构的至少一个伺服阀组件的至少一个过滤元件的状态的方法和系统。

背景技术

[0002] 在流体系统中、尤其在燃料系统中的过滤元件会随着时间由在流体、例如燃料中的微粒逐渐地闭塞。这尤其适用于伺服阀的细密网眼的过滤元件，其借助于处于压力下的燃料来操控。这种过滤元件或整个伺服阀能够以有规律的维护间隔更换。然而，如果这种过滤元件已经在之前以预先确定的要求立刻更换的程度闭塞，那么其更换会导致未计划的维护工作。尤其在燃气轮机驱动机构中，未计划的维护工作会导致例如具有这种燃气轮机驱动机构的飞机的不期望的停车时间。

[0003] 在现代的燃气轮机驱动机构中存在向着越来越大的功率的趋势。这种燃气轮机驱动机构的油系统的余热以及由此燃料温度也随着功率有规律地升高。随着升高的燃料温度，在燃料中的微粒形成的风险提高，这又会促进过滤元件的闭塞。

发明内容

[0004] 本发明的任务是减少或完全避免对过滤元件的未计划的维护措施。

[0005] 根据一方面，提供一种用于确定燃气轮机驱动机构的至少一个伺服阀组件的至少一个过滤元件的状态的方法。所述方法包括如下步骤：借助于测量机构在不同的时间点和/或时间段检测大量的、伺服阀组件的电执行器的控制电流的值（尤其测量值）；借助于分析机构分析所述大量的值，其中，求得控制电流的时间上的变化，并且根据控制电流的时间上的变化确定过滤元件的状态。

[0006] 由此，在控制电流中的时间上的趋势被求得。以这种方式实现，确定用于更换过滤元件或具有过滤元件的伺服阀组件的最优的时间点，其避免未计划的维护措施。由此，所述方法实现伺服阀过滤元件的（状态的）监控。此外，可行的是，根据所述方法（间接地）求得燃料性质，具体地尤其求得在燃料中是否存在温度引起的微粒形成。这根据所分析的趋势特别提早地实现。在对分析的反应中能够最优地初始化合适的保养措施用于维持燃气轮机驱动机构的可用性。

[0007] 在不同的时间点和/或时间段能够相应地求得控制电流相对于用于伺服阀组件的伺服阀的阀动力学的尺度（尤其调节速度、移动路程和/或调节位置）的走向。这实现趋势的特别精确的求得。

[0008] 然后，在分析控制电流的时间上的变化时能够求得控制电流的走向的时间上的变化。

[0009] 不同的时间点或时间段能够配属于具有燃气轮机驱动机构的飞机的不同的飞行。所述分析例如在两个飞行之间进行。

[0010] 不同的时间点或时间段能够分别相应于燃气轮机驱动机构的加速操纵、连续的

运行状态或运行准备的状态。也就是说,在控制电流中的趋势能够在能够特别好地比较的情况之间求得。

[0011] 所述分析可选择地包括过滤元件的未来的状态的预测。这种预测能够应用于求得用于更换过滤元件或伺服阀的(最优的)时间点。

[0012] 所述至少一个伺服阀组件在设计方案中包括设立用于控制燃气轮机驱动机构的燃料供应的伺服阀和/或设立用于控制燃气轮机驱动机构的叶片的设置的伺服阀。

[0013] 所述分析能够离线地进行,也就是说不实时地进行,尤其独立于燃气轮机驱动机构的运行状态或在燃气轮机驱动机构断开的情况下、例如当飞机处于地面处时进行。

[0014] 根据一方面,提供用于确定燃气轮机驱动机构的至少一个伺服阀组件的至少一个过滤元件的状态的系统。系统包括测量机构和分析机构,所述测量机构设立成用于在不同的时间点和/或时间段检测大量的、伺服阀组件的电执行器的控制电流的值(尤其测量值);所述分析机构设立成用于分析所述大量的值,其中,利用分析机构能够求得控制电流的时间上的变化,以便确定过滤元件的状态、尤其关于闭塞的状态。

[0015] 所述系统能够设立成用于执行根据任意的、在此描述的设计方案的方法。相反地,在此描述的方法能够应用根据任意的、在此描述的设计方案的系统。

[0016] 可选择地,系统包括伺服阀组件和/或燃气轮机驱动机构。

[0017] 测量机构能够布置在燃气轮机驱动机构处或在飞机处、尤其固定地与其连接。

[0018] 分析机构能够与燃气轮机驱动机构和/或与飞机间隔开布置,燃气轮机驱动机构尤其能够相对于分析机构是能够运动的。

[0019] 对于本领域技术人员能够理解的是,关于上面的方面中的一个方面描述的特征或参数能够应用在任意的其它的方面中,只要其不互相排除。此外,在此描述的任意的特征或任意的参数能够应用在任意的方面中和/或与在此描述的任意的其它的特征或参数组合,只要其不互相排除。

附图说明

[0020] 现在参考附图示例性地描述实施方式;在附图中:

图1示出具有带有多个燃气轮机驱动机构的飞机和分析机构的系统;

图2示出飞机的燃气轮机驱动机构的侧剖切视图;

图3示出用于燃料配量的伺服阀组件的示意性的图示;

图4示出用于设定燃气轮机驱动机构的导引叶片的伺服阀组件的示意性的图示;

图5A示出过滤元件的增加的不对称的闭塞的影响的示意性的图示;

图5B示出过滤元件的增加的对称的闭塞的影响的示意性的图示;

图6示出控制电流关于不同的过滤元件的相关性的示意性的图示;以及

图7示出用于确定燃气轮机驱动机构的至少一个伺服阀组件的至少一个过滤元件的状态的方法的示意性的图示。

[0021] 附图标记列表

8 飞机

9 主转动轴线

10 燃气轮机驱动机构

- 11 核心驱动机构
- 12 空气进口
- 14 低压压缩机
- 15 高压压缩机
- 16 燃烧机构
- 17 高压涡轮机
- 18 旁路推进喷嘴
- 19 低压涡轮机
- 20 核心推进喷嘴
- 21 驱动机构舱
- 22 旁路通道
- 23 风扇
- 26 轴
- 27 连接轴
- 30 传动机构
- 100 系统
- 110 测量机构
- 120 分析机构
- 130A、130B 伺服阀组件
- 131A、131B 伺服阀
- 132 节流阀
- 133A-133D 能够设定的阀
- 134 电执行器
- 135 传感器
- 136A-136E 过滤元件
- 137 控制管路
- A 核心空气流
- B 旁路空气流
- C 地面
- HP 高压燃料管路
- LP 低压燃料管路
- PC1、PC2 出口管路
- V 供给管路。

具体实施方式

[0022] 图1示出用于确定在此以客机的形式的飞机8的燃气轮机驱动机构10的至少一个伺服阀组件的至少一个过滤元件的状态的系统100。飞机8包括至少一个、在此多个燃气轮机驱动机构10。此外，系统100包括布置在燃气轮机驱动机构10处的并且进一步在下面更详细地阐释的测量机构以及分析机构120。分析机构120布置在地面处。分析机构120例

如是用于评价飞行数据的中央的计算单元的部分。可选择地,系统100包括大量燃气涡轮机驱动机构10和/或飞机8。

[0023] 图2示出具有主转动轴线9的燃气涡轮机驱动机构10。燃气涡轮机驱动机构10包括空气进口12和风扇23,其产生两个空气流:核心空气流A和旁路空气流B。燃气涡轮机驱动机构10包括容纳核心空气流A的核心11。核心驱动机构11以轴向流动顺序包括低压压缩机14、高压压缩机15、燃烧机构16、高压涡轮机17、低压涡轮机19和核心推进喷嘴20。驱动机构舱21围绕燃气涡轮机驱动机构10并且限定旁路通道22和旁路推进喷嘴18。旁路空气流B流动通过旁路通道22。风扇23经由轴26和(可选择地,例如周转圆的)行星传动机构30安置在低压涡轮机19处并且由所述低压涡轮机驱动。

[0024] 在运行中,核心空气流A由低压压缩机14加速和压缩并且被导引到高压压缩机15中,在所述高压压缩机中进行进一步的压缩。从高压压缩机15排出的压缩了的空气被导引到燃烧机构16中,在所述燃烧机构中其与燃料混合并且混合物被燃烧。然后,所产生的热的燃烧产物在其为了提供一定的推进力而通过喷嘴20排出之前扩散通过高压和低压涡轮机17、19并且由此驱动高压和低压涡轮机。高压涡轮机17通过合适的连接轴27驱动高压压缩机15。风扇23通常提供推进力的主要部分。(可选择的)行星传动机构30是减速传动机构。

[0025] 每个时间单元供应到燃烧装置处的燃料的量通过伺服阀组件130A设定,所述伺服阀组件在图2中未示出,而是根据图3说明。

[0026] 燃气涡轮机驱动机构10包括一个或多个分别具有大量导引叶片的导引叶片环。导引叶片环不能够围绕主转动轴线旋转。各个导引叶片能够摆动地装配在例如与驱动机构舱21固定地连接的结构处。为了摆动导引叶片,燃气涡轮机驱动机构10包括伺服阀组件130B,其在图2中未示出,而是根据图4说明。

[0027] 此外,燃气涡轮机驱动机构10包括测量机构110。测量机构110构造并且设置成用于在不同的时间点和/或时间段检测大量的、至少一个伺服阀组件、尤其根据图3和/或4的伺服阀组件130A、130B的电执行器的控制电流的值。

[0028] 分析机构120(参见图1)构造和设置成用于分析测量机构110的大量的值,以便求得控制电流的时间上的变化并且根据其确定伺服阀组件的过滤元件的状态。

[0029] 可选择地,传动机构能够驱动附加和/或备选的构件(例如中压压缩机和/或后压缩机(Nachverdichter))。

[0030] 其它的本公开能够应用于其中的燃气涡轮机驱动机构能够具有备选的配置。例如,这种驱动机构能够具有备选的数量的压缩机和/或涡轮机和/或备选的数量的连接轴。作为另外的示例,在图2中示出的燃气涡轮机驱动机构具有分配流喷嘴20、22,这意味着,通过旁路通道22的流具有其自身的喷嘴,其与驱动机构核心喷嘴20分离并且相对于所述驱动机构核心喷嘴径向地在外。然而,这不是限制性的并且本公开的任意的方面也能够适用于如下的驱动机构,在所述驱动机构中,通过旁路通道22的流和通过核心11的流在能够被称为混合流喷嘴的唯一的喷嘴之前(或在上游)混合或组合。一个或两个喷嘴(不管是混合或分配流)能够具有固定的或可变的区域。虽然所描述的示例涉及涡轮风扇驱动机构,但是本公开例如能够在任意的类型的燃气涡轮机驱动机构中、如例如在开式转子(Open-Rotor-) (其中风扇级没有由驱动机构舱包围)或涡轮螺旋桨驱动机构(Turboprop-Triebwerk)中得到应用。

[0031] 燃气轮机驱动机构10的几何结构及其构件由传统的坐标轴系统限定,所述坐标轴系统包括与转动轴线9对齐的轴向方向、在图2中沿从下向上的方向的径向方向和垂直于在图2中的视图的周缘方向。轴向、径向和周缘方向彼此垂直地伸延。

[0032] 图3示出燃气轮机驱动机构10的伺服阀组件130A。伺服阀组件130A用于控制燃气轮机驱动机构10的燃料供应(作为Fuel Metering Valve,FMV)。伺服阀组件130A包括伺服阀131A。伺服阀131A例如涉及冲击板伺服阀(Prallplattenservoventil)。伺服阀131A联接到燃气轮机驱动机构10的高压燃料管路HP和供给管路V处。

[0033] 伺服阀131A能够通过操控以转矩马达的形式的电执行器134设定,以便调节每个时间单元从高压燃料管路HP导入到供给管路V中的燃料量。供给管路V联接到燃烧机构16处,以便供给其以燃料。

[0034] 伺服阀131A包括两个控制入口,其通过控制管路137加载以处于压力下的燃料。为此,每个控制管路137(可选择地分别通过用于产生限定的压力状态的节流阀132)联接到共同的高压燃料管路HP处、例如相应于图3地在共同的分支处。此外,每个控制管路137(可选择地分别通过例如用于校准而能够设定的阀133)联接到共同的低压燃料管路LP处、例如相应于图3地在共同的分支处。

[0035] 为了防止来自燃料的微粒会侵入到伺服阀131A中,伺服阀组件130A包括多个(细密网眼的)过滤元件。在此,过滤元件136A(HP过滤器)布置在共同的高压燃料管路HP中。过滤元件136B、136C(伺服过滤器1和伺服过滤器2)相应地布置在两个控制管路137的每个控制管路中。另外的过滤元件136D(LP过滤器)布置在共同的低压燃料管路LP中。

[0036] 在燃气轮机驱动机构10的运行期间,过滤元件136A-136D能够将微粒从燃料中过滤出来。这些微粒会随着时间聚集在过滤元件136A-136D处或在过滤元件136A-136D中并且由此使燃料流过变得困难。由此,在电执行器134处的为了达到确定的调节速度和/或为了保持确定的设定(例如零点设置)而必须得电流强度上升。如果过滤元件136A-136D以微粒闭塞至一定的程度,伺服阀131A的功能会被损害。因此,过滤元件136A-136D在到达这种状态之前及时地被替换。替换的最优的时间点的求得进一步在下面还更详细地进行描述。

[0037] 流过电执行器134的控制电流的值借助于测量机构110检测。为此,测量机构110联接到电执行器134处。测量机构110例如是驱动机构监控系统(Engine Monitoring System, EMS)或其一部分、备选地是与其不同的单元。

[0038] 传感器135测量伺服阀131A的活塞的位置、移动路程和/或调节速度。传感器135也联接到测量机构110处,从而测量机构110能够检测传感器135对于位置、移动路程和/或调节速度的值。

[0039] 图4示出燃气轮机驱动机构10的另外的伺服阀组件130B。伺服阀组件130B用于控制燃气轮机驱动机构10的导引叶片的角度设置(作为Variable Stator Vane Actuator, VSVA)。伺服阀组件130B包括伺服阀131B。伺服阀131B例如涉及两级的冲击板伺服阀。伺服阀131B联接到燃气轮机驱动机构10的高压燃料管路HP、低压燃料管路LP和两个出口管路PC1、PC2处。

[0040] 伺服阀131B能够通过操控以转矩马达的形式的电执行器134设定,以便以处于压力下的燃料加载两个出口管路PC1、PC2中的一个或另一个。出口管路PC1、PC2联接到导引叶片的调节结构处,以便使其可选择地以一个或以另一个转动方向摆动。

[0041] 伺服阀131B包括两个控制入口,其通过控制管路137加载以处于压力下的燃料。为此,每个控制管路137(可选择地分别通过例如用于校准而能够设定的阀133)联接到高压燃料管路HP处、例如相应于图4地在共同的分支处。此外,在高压燃料管路HP中布置有可选择的节流阀132用于产生限定的压力状态。

[0042] 为了挡住微粒,过滤元件136E(HP过滤器)布置在共同的高压燃料管路HP中。传感器135测量伺服阀131B的活塞的位置、移动路程和/或调节速度。传感器135和电执行器134联接到测量机构110处。

[0043] 图5A和5B示意性地示出根据图3的伺服阀131A的电执行器134在伺服阀组件130A的过滤元件的不同的状态的情况下为了达到确定的调节速度(cm/s)而必须的控制电流(mA)。控制电流例如通过驱动机构控制器(Engine Electronic Controller,EEC)提供。

[0044] 图5A示出在过滤元件136B、136C(伺服过滤器1、伺服过滤器2)中的一个的不同的状态的情况下的控制电流。由此涉及伺服阀组件130A的不对称的闭塞。在此,最下面的曲线示出没有闭塞的状态。最下面的直线示出最下面的曲线的线性的拟合。处于较高的电流强度的情况下的曲线和所属的直线相应于相同的过滤元件136B或136C在其增加的闭塞的情况下的状态,通过画入的箭头说明。

[0045] 图5B示出在过滤元件136A(HP过滤器)的不同的状态的情况下的控制电流。由此涉及伺服阀组件130A的对称的闭塞。在此,最下面的曲线示出没有闭塞的状态并且由此相应于来自图5A的最下面的曲线。最下面的直线又示出最下面的曲线的线性的拟合。与在图5A中类似地,处于较高的电流强度的情况下的曲线和所属的直线相应于相同的过滤元件136A在其增加的闭塞的情况下的状态,又通过画入的箭头说明。

[0046] 在图5A和5B的比较中清楚的是,根据控制电流与调节速度的相关性随着时间的改变允许得到伺服阀组件130A、130B的哪个过滤元件被闭塞的结论。

[0047] 不对称的闭塞导致朝较高的电流的移动(例如相应于加上随着闭塞上升的常量)。对称的闭塞导致电流随着调节速度的更大的斜率(例如相应于与随着闭塞上升的常量相乘)。

[0048] 通过以下方式特别好的区别是可行的,即相对于用于保持零点设置的控制电流描绘用于调节伺服阀130A(例如在最大的调节速度或在其它的规定的调节速度的情况下)的(尤其平均的)控制电流。

[0049] 图6示出相应的图示。在此,沿着线上升的值相应于增加的闭塞。细的虚线的线相应于LP过滤器(对称地)。细的实线的线相应于HP过滤器(对称地)。粗的点划线的线相应于在出口管路PC1中的(在图中未示出的)过滤元件(不对称地)。剩余的线相应于另外的不对称的状态。能够看出的是,不对称的闭塞在这个图示中清楚地与对称的闭塞区别。

[0050] 根据检测的值的時間上的改变、尤其控制电流相对于调节速度的走向,能够推断出一个或多个过滤元件136A-136E的增加的闭塞。

[0051] 这种时间上相继的值的分析借助于分析机构120执行。分析机构120构造成用于获得由测量机构110求得的控制电流和可选择地所属的调节速度、移动路程和/或调节位置的值。在此能够设置成,静止的分析机构120相应地在飞机8的飞行之后例如通过线材连接、无线缆地或借助于实体的数据载体传输地获得求得的值。由此,分析能够离线地进行,也就是说不实时地进行。这是可行的,因为归因于由温度引起的燃料中的微粒形成的、

过滤元件的闭塞经过较长的时期发生。

[0052] 分析机构120构造成用于求得在求得的控制电流中的趋势。根据求得的趋势,分析机构120能够确定用于更换一个或多个过滤元件136A-136E的最优的时间点,其实现例如飞机8的最小的停车时间,例如通过选出无论如何计划的维护时间点。此外,分析单元120构造成根据控制电流与调节速度的相关性随着时间的改变求得伺服阀组件130A、130B的哪个过滤元件136A-136E被闭塞。可选择地,分析机构120相对于用于保持零点设置的控制电流描绘用于调节伺服阀130A、130B的控制电流,以求得过滤元件136A-136E中的一个或多个的状态。

[0053] 图7示出用于确定燃气轮机驱动机构10的至少一个伺服阀组件130A、130B的至少一个过滤元件136A-136E的状态的方法。

[0054] 在第一步骤S1中,借助于测量机构110在不同的时间点和/或时间段分别检测(尤其测量)大量的、伺服阀组件130A、130B的电执行器134的控制电流的值。在此,能够涉及根据图3或4的伺服阀组件130A、130B,备选地涉及燃气轮机驱动机构10的其它的伺服阀组件。

[0055] 不同的时间点或时间段能够相应于具有燃气轮机驱动机构10的飞机8的不同的、例如相继的飞行,尤其分别相应于燃气轮机驱动机构的加速操纵(Beschleunigungsmanöver)、连续的运行状态或运行准备的状态。由此,例如在每次飞行时能够求得在这些不同的运行状态的情况下的特征性的控制电流走向,这实现特别精确的比较。

[0056] 在第二步骤S2中,例如在飞机8在飞行后又着陆之后,借助于测量机构110检测的值被传输到分析机构120处。

[0057] 在第三步骤S3中,借助于分析机构120如下地分析大量的检测的和传输的值,使得控制电流的时间上的变化、尤其趋势被求得并且根据控制电流的时间上的变化确定过滤元件136A-136E的状态。在此,控制电流的走向的时间上的变化、尤其趋势能够求得,例如如根据图5A和5B说明的那样。

[0058] 在此,能够相应地求得控制电流相对于用于伺服阀组件130A、130B的伺服阀131A、131B的阀动力学的尺度(Maß)、即例如调节速度和/或调节位置的走向。备选地或附加地,相对于用于保持零点设置的控制电流描绘用于调节伺服阀130A、130B的控制电流,以便求得过滤元件136A-136E中的一个或多个的状态。

[0059] 所述分析可选择地包括过滤元件136A-136E的未来的状态的预测和/或用于更换过滤元件136A-136E的时间点的确定。

[0060] 理解的是,本发明不限于上面描述的实施方式并且能够实施不同的改型方案和改进方案,而不偏离在此描述的构思。特征中的任意的特征能够分离地或与任意的其它的特征组合地使用,只要其不互相排除,并且本公开扩展到一个或多个在此描述的特征的所有组合和子组合上,并且包括这些组合和子组合。

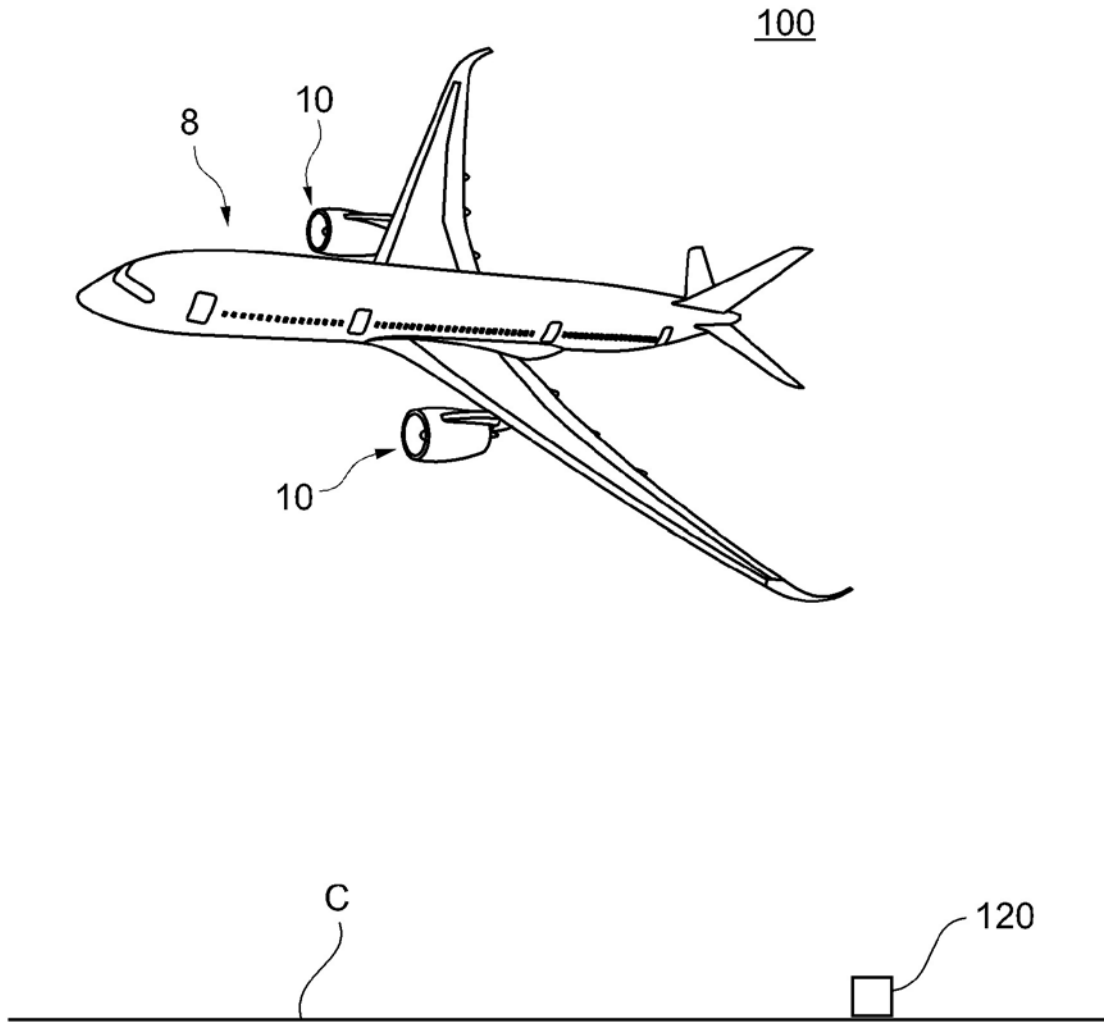


图 1

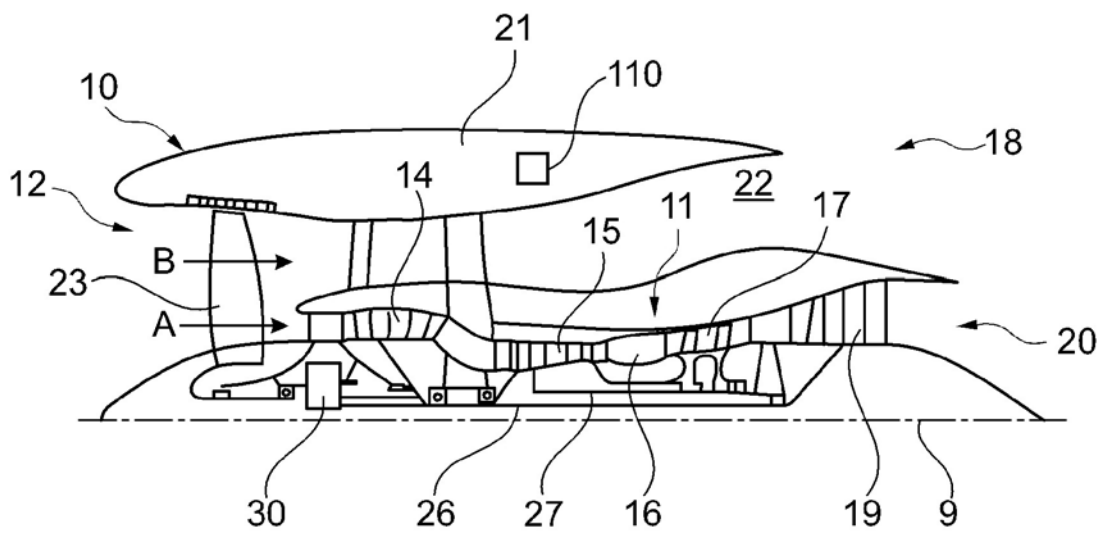


图 2

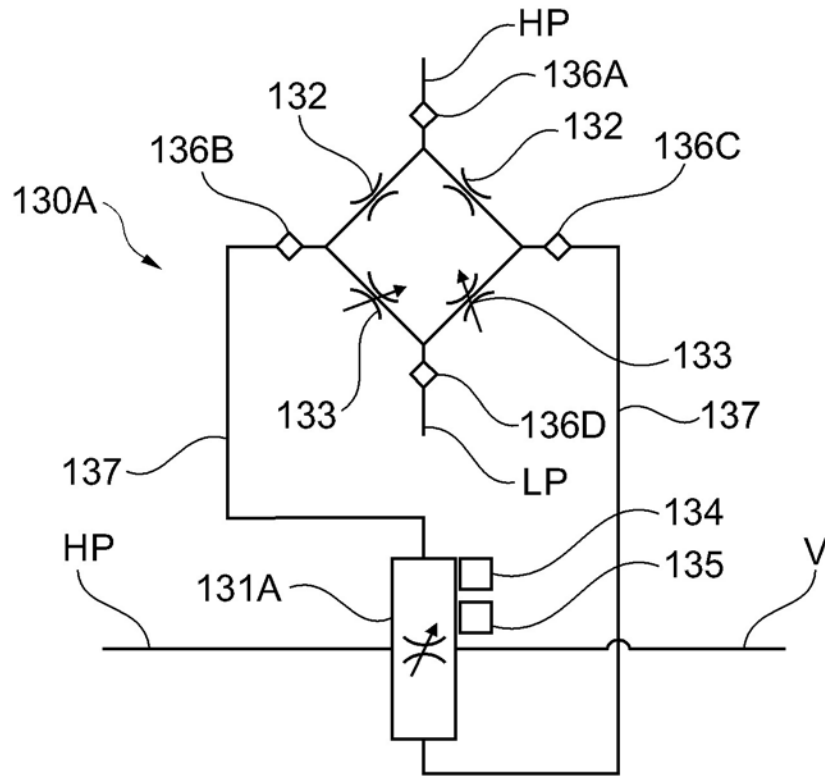


图 3

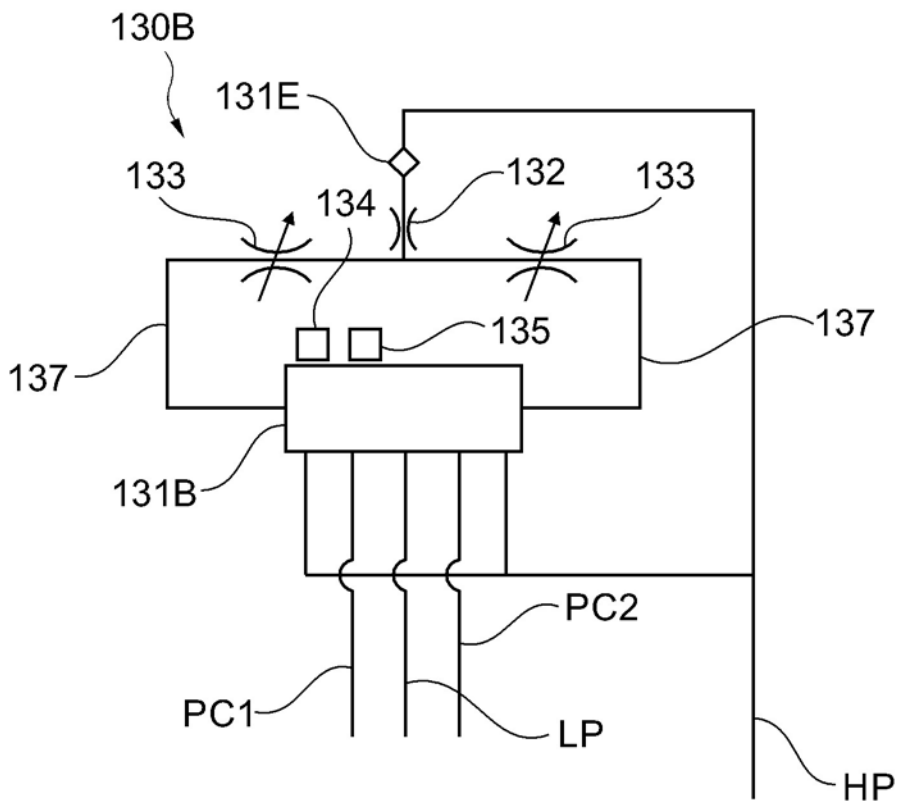


图 4

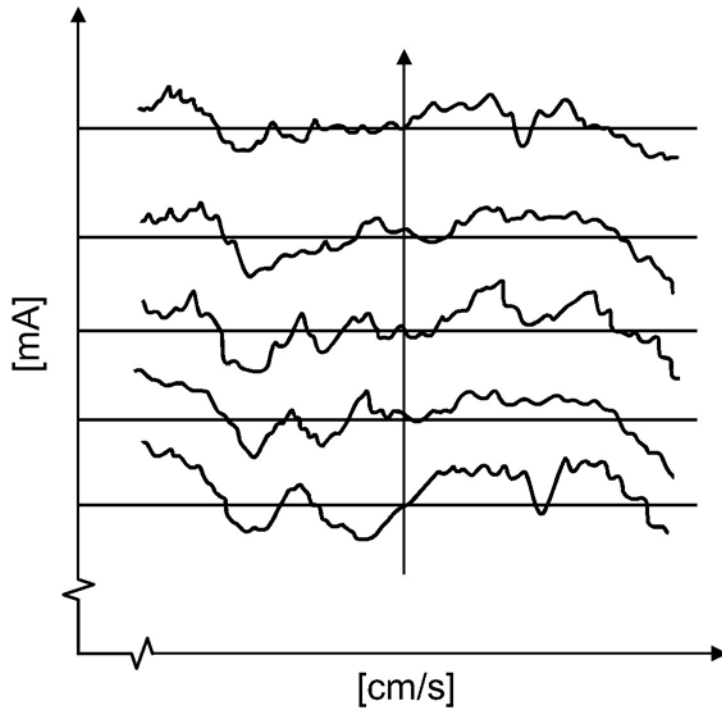


图 5A

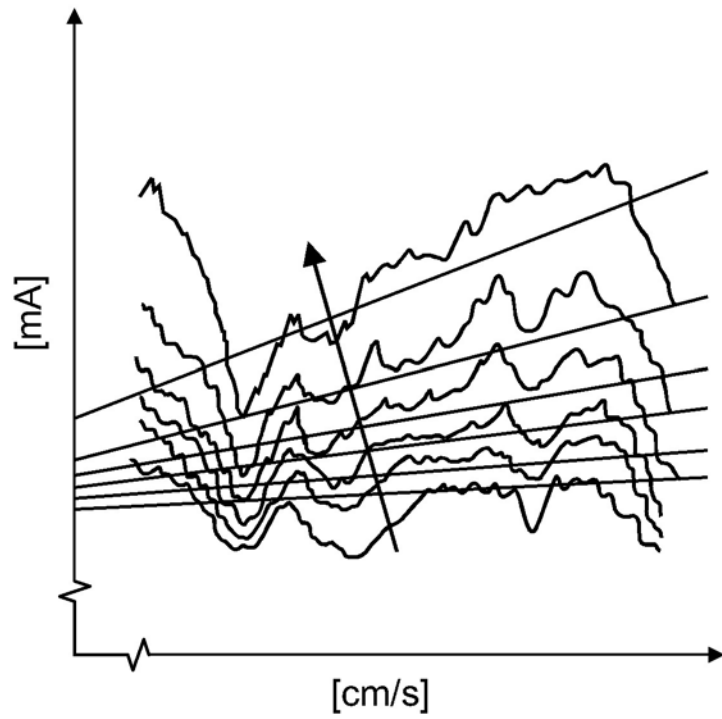


图 5B

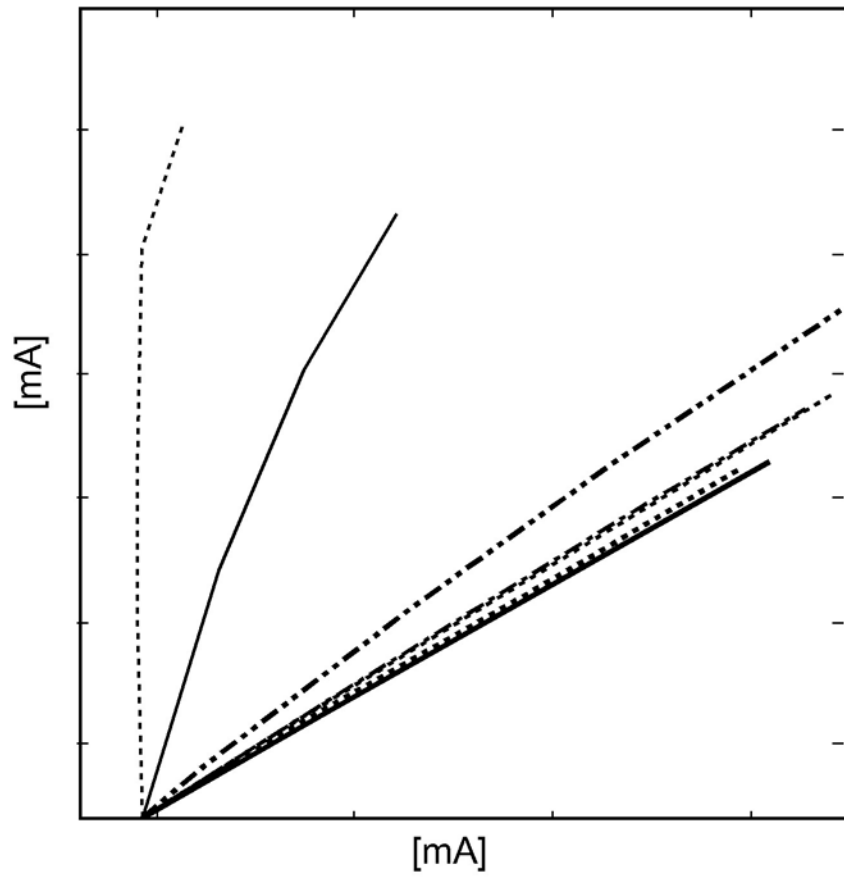


图 6

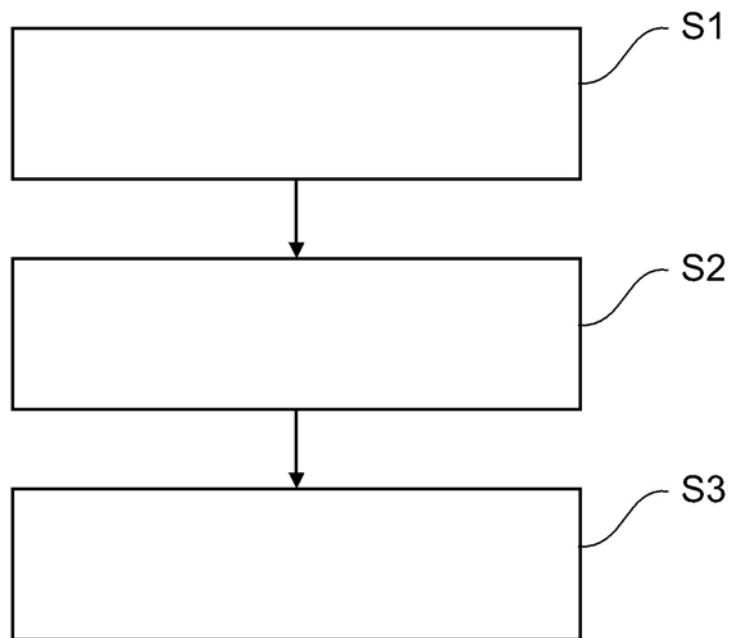


图 7