



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 117533509 A

(43) 申请公布日 2024. 02. 09

(21) 申请号 202310973122.8

(22) 申请日 2023.08.03

(30) 优先权数据

17/881,061 2022.08.04 US

(71) 申请人 波音公司

地址 美国弗吉尼亚州

(72) 发明人 弗朗切斯科·詹尼尼

(74) 专利代理机构 北京康信知识产权代理有限公司
11240

专利代理师 王红艳

(51) Int. Cl.

B64D 35/024 (2024.01)

B64D 27/33 (2024.01)

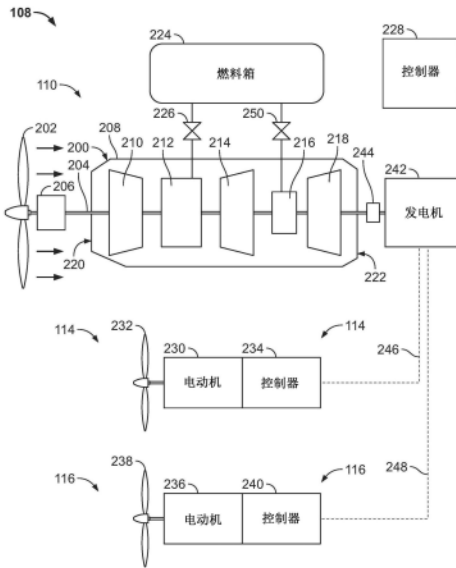
权利要求书2页 说明书15页 附图5页

(54) 发明名称

用于飞机的混合动力传动系统和飞机

(57) 摘要

本文公开了用于飞机的混合动力传动系统和飞机。一种示例性的混合动力传动系统包括：燃气涡轮推进发动机，包括第一推进器和驱动第一推进器以产生推力的燃气涡轮发动机；发电机，可操作地耦接到燃气涡轮发动机的驱动轴；以及电力推进单元，包括第二推进器和驱动第二推进器以产生推力的电动机。在第一操作模式期间，燃气涡轮推进发动机和电力推进单元被激活以产生推力，并且发电机由燃气涡轮发动机驱动以产生电力以为电力推进单元提供提供动力。在第二操作模式期间，燃气涡轮推进发动机被激活以产生推力并且电力推进单元被停用。



1. 一种用于飞机(100)的混合动力传动系统(108),所述混合动力传动系统(108)包括:
燃气涡轮推进发动机(110),包括第一推进器(202)和驱动所述第一推进器(202)以产生推力的燃气涡轮发动机(200);

发电机(242),可操作地耦接至所述燃气涡轮发动机(200)的驱动轴(204);以及

电力推进单元(114),包括第二推进器(232)和驱动所述第二推进器(232)以产生推力的电动机(230),其中,

在第一操作模式期间,所述燃气涡轮推进发动机(110)和所述电力推进单元(114)被激活以产生推力,并且其中,在所述第一操作模式期间,所述发电机(242)由所述燃气涡轮发动机(200)驱动以产生电力以为所述电力推进单元(114)提供动力,并且

在第二操作模式期间,燃气涡轮推进发动机(110)被激活以产生推力,并且电力推进单元(114)被停用。

2. 根据权利要求1所述的混合动力传动系统(108),其中,所述燃气涡轮发动机(200)包括涡轮间燃烧器(216)。

3. 根据权利要求2所述的混合动力传动系统(108),其中,在所述第一操作模式期间,所述涡轮间燃烧器(216)被激活以增加所述燃气涡轮发动机(200)的功率输出。

4. 根据权利要求3所述的混合动力传动系统(108),其中,在所述第二操作模式期间,所述涡轮间燃烧器(216)被停用。

5. 根据权利要求4所述的混合动力传动系统(108),其中,在第三操作模式期间,所述涡轮间燃烧器(216)被激活以增加所述燃气涡轮发动机(200)的功率输出,并且所述电力推进单元(114)被停用。

6. 根据权利要求1-4中任一项所述的混合动力传动系统(108),还包括在所述发电机(242)和所述驱动轴(204)之间的离合器(244),以在所述第二操作模式期间使所述发电机(242)与所述驱动轴(204)断开。

7. 根据权利要求1-4中任一项所述的混合动力传动系统(108),其中,所述第二推进器(232)是具有能够在展开位置和折叠位置之间移动的叶片(308)的螺旋桨。

8. 根据权利要求7所述的混合动力传动系统(108),其中,在所述第一操作模式期间,所述叶片(308)处于所述展开位置,并且在所述第二操作模式期间,所述叶片(308)处于所述折叠位置。

9. 根据权利要求1-4中任一项所述的混合动力传动系统(108),其中,所述电力推进单元(114)是第一电力推进单元,所述混合动力传动系统(108)还包括第二电力推进单元(116),其中,所述第二电力推进单元(116)在所述第一操作模式期间被激活并且在所述第二操作模式期间被停用。

10. 根据权利要求1-4中任一项所述的混合动力传动系统(108),其中所述第一推进器是螺旋桨(202),并且其中,所述燃气涡轮发动机(200)和所述推进器(202)形成涡轮螺旋桨发动机。

11. 一种飞机(100),包括:

机翼(104);以及

混合动力传动系统(108),包括:

燃气涡轮推进发动机(110),耦接至所述机翼(104);

发电机(242),由所述燃气涡轮推进发动机(110)驱动;以及
电力推进单元(114),耦接至所述机翼(104),其中,

在第一操作模式期间,所述燃气涡轮推进发动机(110)被激活以产生推力,并且所述燃气涡轮推进发动机(110)驱动所述发电机(242)以产生电力,用于激活所述电力推进单元(114)以产生推力,并且

在第二操作模式期间,所述电力推进单元(114)被停用。

12.根据权利要求11所述的飞机(100),其中,所述燃气涡轮推进发动机(110)包括具有涡轮间燃烧器(216)的燃气涡轮发动机(200),以及

其中,在所述第一操作模式期间,所述涡轮间燃烧器(216)被激活,并且在所述第二操作模式期间,所述涡轮间燃烧器(216)被停用。

13.根据权利要求11或12所述的飞机(100),其中,所述发电机(242)结合到所述燃气涡轮推进发动机(110)的发动机舱(300)中。

14.根据权利要求11或12所述的飞机(100),其中,所述混合动力传动系统(108)包括在所述发电机(242)和所述电力推进单元(114)之间的电力线(246),所述电力线(246)设置在所述机翼(104)中。

15.根据权利要求11或12所述的飞机(100),其中,所述混合动力传动系统(108)包括耦接至所述机翼(104)的多个电力推进单元(114、116),所述多个电力推进单元(114、116)在所述第二操作模式期间由所述发电机(242)提供动力,以及

其中,所述多个电力推进单元(114、116)在所述燃气涡轮推进发动机(110)的外侧沿着所述机翼(104)间隔开。

用于飞机的混合动力传动系统和飞机

技术领域

[0001] 本公开主要涉及飞机,并且更具体地涉及用于飞机的混合动力传动系统。

背景技术

[0002] 飞机通常包括一个或多个发动机以产生推力。存在许多不同类型或布置的发动机,例如涡轮风扇发动机、涡轮螺旋桨发动机等。近年来,环境压力已经推动了减少燃料消耗以及抑制排放的重新努力。

发明内容

[0003] 本文公开的示例性的用于飞机的混合动力传动系统包括:燃气涡轮推进发动机,包括第一推进器和驱动第一推进器以产生推力的燃气涡轮发动机;发电机,可操作地耦接到燃气涡轮发动机的驱动轴;以及电力推进单元,包括第二推进器和驱动第二推进器以产生推力的电动机。在第一操作模式期间,燃气涡轮推进发动机和电力推进单元被激活以产生推力。此外,在第一操作模式期间,发电机由燃气涡轮发动机驱动以产生电力从而为电力推进单元提供动力。在第二操作模式期间,燃气涡轮推进发动机被激活以产生推力并且电力推进单元被停用。

[0004] 本文公开的示例性飞机包括机翼和混合动力传动系统,该混合动力传动系统包括耦接至机翼的燃气涡轮推进发动机、由燃气涡轮推进发动机驱动的发电机、以及耦接至机翼的电力推进单元。在第一操作模式期间,燃气涡轮推进发动机被激活以产生推力,并且燃气涡轮推进发动机驱动发电机以产生电力,用于激活电力推进单元以产生推力。在第二操作模式期间,电力推进单元被停用。

[0005] 本文公开的示例性方法包括在飞行的第一航段期间在第一操作模式下操作飞机的混合动力传动系统。所述混合动力传动系统包括燃气涡轮推进发动机、由燃气涡轮推进发动机驱动的发电机和电力推进单元。在第一操作模式期间,燃气涡轮推进发动机被激活以产生推力,并且燃气涡轮推进发动机驱动发电机以产生电力,用于激活电力推进单元以产生推力。该方法还包括在飞行的第二航段期间在第二操作模式下操作混合动力传动系统。在第二操作模式期间,燃气涡轮推进发动机被激活并且电力推进单元被停用。

附图说明

[0006] 图1示出了包括根据本公开的教导构造的示例性混合动力传动系统的飞机。

[0007] 图2是图1的示例性混合动力传动系统的示意图。

[0008] 图3是图1的示例性飞机的机翼中的一个的立体图,示出了图1和图2的示例性混合动力传动系统的示例性燃气涡轮推进发动机和多个示例性电力推进单元。

[0009] 图4示出了图3的一个示例性电力推进单元,其中螺旋桨的示例性桨叶处于折叠位置。

[0010] 图5是表示在不同操作模式下操作图1和2的示例性混合动力传动系统的示例方法

的流程图。

[0011] 图6是包括处理器电路的示例性处理平台的框图,处理器电路被构造为执行图5的示例机器可读指令和/或示例操作,以在不同的操作模式之间切换示例性混合动力传动系统。

[0012] 通常,在整个附图和所附书面描述中将使用相同的参考标号指代相同或相似的部件。这些图不是按比例绘制的。

[0013] 除非另有具体说明,否则诸如“第一”、“第二”、“第三”等的描述符在本文中使用,而不表示或以其他方式指示优先级、物理顺序、列表中的布置、和/或以任何方式排序的任何含义,而是仅用作标签和/或任意名称以区分元素以便于理解公开的示例。在一些实例中,描述符“第一”可用于指代具体实施方式中的元件,而相同元件在权利要求中可被称为具有诸如“第二”或“第三”的不同描述符。在此类实例中,应当理解,此类描述符仅用于清楚地标识那些元素,这些元素可以,例如以其他方式共享相同的名称。

具体实施方式

[0014] 飞机通常包括一个或多个推进发动机(例如,涡轮螺旋桨发动机、涡轮风扇发动机等),其由碳氢化合物燃烧涡轮发动机(在本文中称为燃气涡轮发动机)提供动力。这些燃气涡轮发动机的尺寸通常取决于起飞、爬升和紧急情况所需的最大功率要求。通常,燃气涡轮发动机在其最大功率(例如,节流阀)设置或接近最大功率设置时燃料效率最高。在巡航期间,燃气涡轮发动机以减小的功率设定(例如,最大功率的80%左右)操作。这导致在巡航时低效的操作和额外的燃料燃烧,因为发动机尺寸过大并且在用于燃料效率的次优功率设置下操作。

[0015] 近年来,环境压力已经推动了减少燃料消耗以及远离碳氢化合物以抑制排放的重新努力。一些概念集中于使用氢气作为零排放燃料,并且利用氢气燃料电池作为将燃料转换成用于为电动机提供动力的电力的装置。其他概念在串联混合布置中使用称为“增程器”的电池和辅助动力装置。这种新型的分布式混合电力架构聚焦于氢燃料电池作为发电系统,或者使用计划在其最佳操作点附近运行的电池和小增程器。然而,与常规燃气涡轮发动机相比,这些结构的技术准备水平和可实现的系统水平特定功率数值较低,这严重限制了这些结构的可实现范围。

[0016] 本文公开的是示例性的用于飞机的混合动力传动系统,其包括沿着飞机机翼分布的一个或多个燃气涡轮推进发动机(用作主推进发动机)和一个或多个电力推进单元(用作副推进发动机)。电力推进单元(也可称为电力推进发动机舱)包括具有推进器(例如,螺旋桨、风扇)以产生推力的电动机。示例性的混合动力传动系统可在不同操作模式下操作,其中,电力推进单元被激活以产生推力并补充由燃气涡轮推进发动机提供的推力。这使得燃气涡轮推进发动机的尺寸更小,并且在巡航和其他飞行阶段期间在其最佳效率范围内或附近操作。这提高了燃料效率并减少了排放。此外,电力推进单元可沿飞机的机翼分布,并且因此,当被激活时,可用气流清洗机翼。这种布置改善了升力产生,并且在发动机故障的情况下,推进器数量的增加减小了偏航力矩。因此,机翼和垂直翅片区域可以制造得更小,在巡航效率方面具有其他益处。

[0017] 为了为电力推进单元提供电力,示例混合动力传动系统包括由燃气涡轮推进发动

机驱动的一个或多个发电机。例如,本文公开的燃气涡轮推进发动机可实施为包括燃气涡轮发动机和由燃气涡轮发动机驱动的推进器(例如,螺旋桨)的涡轮螺旋桨发动机。燃气涡轮发动机的驱动轴机械耦接到发电机并驱动发电机(在某些操作模式期间)。因此,在电力推进单元激活的周期期间,发电机可产生电力以为电力推进单元提供动力。在一些实例中,当电力推进单元未被激活时,发电机从燃气涡轮发动机机械和/或电断开,以便不在燃气涡轮发动机上产生不必要的负载。

[0018] 在一些实例中,燃气涡轮推进发动机的燃气涡轮发动机包括涡轮间燃烧器(ITB)。ITB是置于气体发生器出口和动力涡轮之间以便在发动机气流进入动力涡轮之前将其再加热的附加燃烧器。可以在高功率需求的时段期间开启ITB以增加燃气涡轮发动机的功率输出。例如,ITB可以在起飞或爬升期间开启。这使得燃气涡轮推进发动机能够在这些飞行阶段期间产生附加动力(其等同于附加推力)。这还提供额外的动力以驱动发电机以产生用于为电力推进单元提供动力的电力。因此,ITB可以用于在飞行的某些航段期间在最大功率设置下增加发动机功率。这使得燃气涡轮发动机的尺寸更小。这样,燃气涡轮发动机的尺寸可以设计成在巡航期间以其最有燃料效率的速度运行。因此,与巡航速度过大且必须节流的已知发动机不同,燃气涡轮发动机的尺寸可设定成在巡航时具有更好的燃料效率和更低的排放。此外,燃气涡轮发动机是用于飞机机舱的方便的压缩空气源,而氢燃料电池结构需要其他不太方便的装置来产生压缩空气。

[0019] 如上所公开的,示例混合动力传动系统可以在不同模式下操作,这可以基于飞行的航段和/或动力需求。例如,在要求较高功率的飞行的航段期间,诸如在起飞、爬升和着陆期间,混合动力传动系统可以在第一操作模式下操作。在第一操作模式期间,燃气涡轮推进发动机被激活并且电力推进单元被激活。因此,所有发动机被激活并产生推力。在第一操作模式期间,燃气涡轮推进发动机的燃气涡轮发动机驱动发电机以产生用于操作电力推进单元的电动机的电力。ITB可以在第一操作模式期间被激活以增加燃气涡轮发动机的功率输出,这产生用于驱动发电机的更高的推力和附加功率。发电机为电力推进单元提供动力,其产生在起飞、爬升和着陆期间有益的附加推力。

[0020] 在需要较少功率的飞行的其他航段期间,例如在巡航期间,混合动力传动系统可以在第二操作模式下操作。在第二操作模式期间,燃气涡轮推进发动机仍然被激活或运行,但是电力推进单元被停用(因为在巡航时需要较少的推力来保持速度和高度)。在第二操作模式期间,ITB被停用。此外,在一些实例中,发电机从燃气涡轮推进发动机机械和/或电断开,以减小燃气涡轮推进发动机上的负载。在一些实例中,混合动力传动系统可以在第三操作模式下操作,其中,ITB被短时间激活以增加燃气涡轮发动机的功率和推力,而不激活电力推进单元。这可以在期望功率或速度的快速突发的时间段期间使用,诸如在短航行(dash)期间。短航行是以最大连续速度飞行的较短飞行航段。

[0021] 如上所公开的,发电机直接向电力推进单元提供动力。因此,在一些实例中,混合动力传动系统不需要机载电池。电池很重并且需要很大的空间。因此,与利用机载电池的其他架构相比,示例性混合动力传动系统导致重量减轻和更大的燃料效率。此外,在一些实例中,燃气涡轮发动机可在氢气上运行,因此去除污染源,或者在喷气燃料(例如,喷气-A燃料)上运行,在这种情况下,发动机的尺寸与巡航条件的更好匹配导致燃料消耗和排放的减少。

[0022] 现在转向附图,图1示出了可以实现本文公开的实施例的飞机100。在示出的实例中,飞机100包括机身102、连接至机身102并从机身102延伸的第一机翼104(左机翼)、连接至机身102并从机身102延伸的第二机翼106(右机翼)、以及尾部107(有时被称为尾翼)。飞机100可以是有人驾驶或无人驾驶飞机。

[0023] 飞机100包括示例性混合动力传动系统108,所述混合动力传动系统108包括用于产生推力以使飞机100飞行的多个发动机。在该实例中,飞机100的混合动力传动系统108包括由第一机翼104承载的第一燃气涡轮推进发动机110和由第二机翼106承载的第二燃气涡轮推进发动机112。在该实例中,第一燃气涡轮推进发动机110和第二燃气涡轮推进发动机112实施为涡轮螺旋桨发动机。然而,在其他实例中,第一燃气涡轮推进发动机110和第二燃气涡轮推进发动机112可以被实施为其他类型的发动机,诸如涡扇发动机。此外,在所示实例中,飞机100的混合动力传动系统108包括沿飞机100的机翼104、106分布的多个电力推进单元。例如,如图1所示,飞机100包括由第一机翼104承载的第一电力推进单元114和第二电力推进单元116以及由第二机翼106承载的第三电力推进单元118和第四电力推进单元120。电力推进单元114至120在本文中也可称为电力推进模块或发动机舱。燃气涡轮推进发动机110、112由诸如喷气燃料(例如,喷气A-1燃料)的碳氢化合物燃料提供动力,而电力推进单元114-120由电功率提供动力。在其他实例中,飞机100可包括更多或更少的燃气涡轮推进发动机和/或电力推进单元,并且发动机可被布置成其他配置。此外,虽然在该实例中发动机110-120连接至机翼104、106,但是在其他实例中,发动机110-120中的一个或多个可设置在飞机100上的其他位置中(例如,在尾部107上)。

[0024] 在一些实例中,燃气涡轮推进发动机110、112用作主推力发动机,并且电力推进单元114-116用作辅助推力发动机。电力推进单元114-120可在飞行的某些航段或阶段期间被激活,以补充由燃气涡轮推进发动机110、112产生的推力。例如,在通常需要较高功率的某些阶段,诸如起飞、爬升和着陆期间,电力推进单元114-120可被激活以产生附加推力。然后,在诸如巡航的其他阶段期间,可停用电力推进单元114-120,并且可保持激活燃气涡轮推进单元110、112以推进飞机100。这使得第一燃气涡轮推进发动机110和第二燃气涡轮推进发动机112的尺寸更小,因为电力推进单元114-120可用于在需要时提供附加功率。因此,燃气涡轮推进发动机110、112可以被设定大小以用于巡航(这占据大部分飞行时间)时的最佳燃料效率,从而降低燃料消耗和排放。

[0025] 图2是示例性混合动力传动系统108的一部分的示意图。具体地,图2所示的示例性混合动力传动系统108示出第一燃气涡轮推进发动机110以及第一电力推进单元114和第二电力推进单元116,但未示出第二燃气涡轮推进发动机112以及第三电力推进单元118和第四电力推进单元120。然而,应当理解的是,混合动力传动系统108还可包括第二燃气涡轮推进发动机112和第三电力推进单元118和第四电力推进单元120,它们可以与第一燃气涡轮推进发动机110和第一电力推进单元114和第二电力推进单元116类似的方式操作。因此,为了避免重复,不提供对第二燃气涡轮推进发动机112和第三电力推进单元118和第四电力推进单元120的描述。

[0026] 如图2所示,第一燃气涡轮推进发动机110包括燃气涡轮发动机200和耦接到燃气涡轮发动机200并由燃气涡轮发动机200驱动以产生推力的推进器202(有时称为盘致动器)。燃气涡轮发动机200包括驱动轴204。推进器202(直接或间接地)耦接至驱动轴204。在

操作期间,燃气涡轮发动机200驱动(旋转)推进器202以产生向前推力。在示出的实例中,第一燃气涡轮推进发动机110包括将驱动轴204耦接到推进器202的变速器206(例如,变速箱、行星齿轮系统)。变速器206可以改变驱动轴204与推进器202之间的转速。在该实例中,推进器202实施为螺旋桨。因此,在该实例中,燃气涡轮发动机200和推进器202形成涡轮螺旋桨发动机。在其他实例中,推进器202可实施为涡扇发动机的风扇。推进器202可在第一燃气涡轮推进发动机110的前部(称为牵引配置)或在第一燃气涡轮推进发动机110的后部(称为推进配置)。而且,推进器202可以包括两个或更多个推进器,例如两个反向旋转的推进器。

[0027] 在所示实例中,燃气涡轮发动机200包括发动机壳体208和壳体208内的涡轮机械。在该实例中,燃气涡轮发动机200的涡轮机械包括压缩机210、燃烧室212、高压涡轮(HPT)214、涡轮间燃烧器(ITB)216和低压涡轮(LPT)218。压缩机210、HPT214和LPT218可包括多个级。HPT214和LPT218中的至少一个和压缩机210通过驱动轴204耦接。在一些实例中,压缩机210包括高压压缩机(HPC)和低压压缩机(LPC),高压压缩机(HPC)通过第一驱动轴(有时被称为高压线轴)耦接到HPT214并且由HPT214驱动,低压压缩机(LPC)通过第二驱动轴(有时被称为低压线轴)耦接到由LPT218驱动。这种布置通常被称为双线轴配置。

[0028] 在燃气涡轮发动机200的操作期间,空气经由入口220进入燃气涡轮发动机200并且流向压缩机210。压缩机210增加空气压力并将高压空气提供至燃烧室212。将高压空气提供到燃烧室212,在燃烧室212处,燃料被喷射并与高压空气混合并被点燃。离开燃烧室212的高能空气流使HPT214和LPT218的叶片转动。HPT214和/或LPT218旋转驱动轴204,驱动轴204使压缩机210的叶片旋转并且还驱动推进器202(并且因此,产生向前推力)。此外,离开LPT 218的加热空气可以经由排气喷嘴222向后排出,在那里它可以产生在向前方向上推进飞机100的向前推力。

[0029] 在示出的实例中,燃气涡轮发动机200由来自燃料箱224的燃料提供动力。燃料被注入到燃烧室212中以运行燃气涡轮发动机200。在一些实例中,燃料是喷气燃料(例如,喷气A、喷气A-1、喷气B)。在其他实例中,可以使用其他类型的燃料,如氢气。燃料流由阀226控制。在所示实例中,混合动力传动系统108包括控制器228(例如,电子发动机控制器(EEC)、处理器等)。控制器228可操作阀226以控制燃料从燃料箱224到燃烧室212的流动,以增加或减少燃气涡轮发动机200的速度,并控制第一燃气涡轮推进发动机110的开/关操作。

[0030] 在所示实例中,第一电力推进单元114包括电动机230(例如,无刷DC电动机)和耦接到电动机230并由电动机230驱动的推进器232。在该实例中,推进器232实施为螺旋桨。在其他实例中,推进器232可以被实现为风扇或其他类型的盘致动器。可激活电动机230以驱动推进器232以产生推力。第一电力推进单元114还包括控制器234,其控制电动机230的操作,诸如接通或关断电动机230和/或调节电动机230的速度。在所示实例中,第二电力推进单元类似地包括电动机236、推进器238和控制器240,其与第一电力推进单元114相同地操作。

[0031] 为了产生用于电动机230、236的电力,示例性混合动力传动系统108包括发电机242。发电机242可由第一燃气涡轮推进发动机110的燃气涡轮发动机200驱动。发电机242可操作地耦接到驱动轴204。在一些实例中,发电机242直接耦接至驱动轴204。在其他实例中,发电机242可例如通过一个或多个排出轴(offtake shaft)或齿轮箱间接耦接到驱动轴204。在示出的实例中,发电机242被示出为在燃气涡轮发动机200的外部(例如,燃气涡轮发

动机200的下游)。然而,在其他实例中,发电机242可设置在燃气涡轮发动机200的壳体208内或相对于第一燃气涡轮推进发动机110的另一位置。

[0032] 在一些实例中,发电机242仅用于在飞行的某些阶段或航段期间向电力推进单元114、116提供动力。在飞行的其他阶段中,发电机242可以机械地和/或电气地断开,以便不在燃气涡轮发动机200上产生负载。在所示实例中,混合动力传动系统108包括发电机242和燃气涡轮发动机200之间的断开件244。在一些实例中,断开件244是机械装置,诸如离合器。离合器可由控制器228操作以将发电机242连接至驱动轴204或将发电机242与驱动轴204断开。另外或可替代地,断开件244可以是防止发电机242接收电力并产生电流的机电装置和/或电路。断开件244可以由控制器228控制。

[0033] 在所示实例中,混合动力传动系统108具有在发电机242和第一电力推进单元114之间的第一电力线246(例如,一条或多条电线或缆线)和在发电机242和第二电力推进单元116之间的第二电力线248。第一电力线246和第二电力线248将电力从发电机242供应至相应的第一电力推进单元114和第二电力推进单元116。

[0034] 如上所述,在一些实例中,燃气涡轮发动机200包括ITB216。ITB216是布置在HPT214与LPT218之间以重新加热离开HPT214的air的附加燃烧室。该重新加热的空气具有更高的压力用于旋转LPT218的叶片,从而增加燃气涡轮发动机200的功率输出。ITB216可以在希望额外提供动力的飞行的某些阶段期间接通或关断(激活或停用)。混合动力传动系统108具有阀250,该阀控制燃料从燃料箱224到ITB216的流动。控制器228可以打开或关闭阀226来控制到ITB216的燃料流量以激活或停用ITB216。在一些实例中,控制器228还可以部分地打开或关闭阀250来增大或减小到ITB216的燃料流量以便根据需要增大或减小动力。当ITB216被停用时,ITB216不影响燃气涡轮发动机200的正常操作。因此,ITB216可以在需要更高功率的某些时间段期间被选择性地激活。在一些实例中,燃气涡轮发动机200可以包括在涡轮的各个级之间的多个ITB。

[0035] 在一些实例中,混合动力传动系统108可在不同操作模式下操作,在这些模式中,电力推进单元114、116被激活或停用。混合动力传动系统108可基于飞行的阶段或航段和/或功率需求在不同操作模式之间切换。控制器228可控制一个或多个装置(例如,阀226、250、断开装置244等)以使混合动力传动系统108在不同操作模式之间切换。

[0036] 例如,在高(例如,峰值)功率需求期间,诸如在起飞、爬升和/或着陆期间,混合动力传动系统108可在第一操作模式下操作。在第一操作模式期间,第一燃气涡轮推进发动机110以及第一电力推进单元114和第二电力推进单元116被激活,这产生相对高的推力。在第一操作模式期间,发电机242耦接到燃气涡轮发动机200并由燃气涡轮发动机200驱动,以产生用于为第一电力推进发动机114和第二电力推进发动机116提供动力的电力。此外,在第一操作模式期间,控制器228打开阀250以激活ITB216,这增加了燃气涡轮发动机200的功率输出。该增加的功率不仅有助于从第一燃气涡轮推进发动机110产生更多推力,而且增加的功率用于驱动发电机242以产生用于电力推进单元114、116的电力。

[0037] 在较低功率需求的时段期间,例如在巡航期间,混合动力传动系统108可以在第二操作模式下操作。在第二操作模式期间,第一燃气涡轮推进发动机110被激活以产生推力,并且第一电力推进单元114和第二电力推进单元116被停用。因此,只有燃气涡轮推进发动机110、112是激活的并产生推进飞机100的推力。然而,在巡航期间,需要较少的功率来保持

速度和高度。当切换到第二操作模式时,控制器228可以关闭阀250以停用或关闭ITB216,这有助于节约燃料。此外,控制器操作断开件244以将发电机242从燃气涡轮发动机200断开,使得发电机242不会对燃气涡轮发动机200产生不必要的负荷。在悬停航段期间,混合动力传动系统108还可以第二操作模式操作。在悬停航段期间,目标是使用尽可能少的燃料保留在空中(不管覆盖的地面量如何)。悬停速度通常比巡航慢。

[0038] 在一些实例中,混合动力传动系统108还可以在第三操作模式下操作,该第三操作模式在期望速度和功率的较短突发的时间段期间使用,例如在短航行期间。在第三操作模式期间,ITB216被激活以增加燃气涡轮发动机200的功率输出,但是电力推进单元114、116被停用。燃气涡轮发动机200的增加的功率在较高的功率需求期间产生更高的推力。

[0039] 如可以理解的,因为ITB216可以被选择性地激活以按要求增加功率,燃气涡轮发动机200的大小可以被设定得更小,这样使得ITB216不被激活的功率输出匹配巡航的要求并且以峰值效率运行。这提高了燃料效率并减少了排放。当ITB216被激活时,功率输出使得前往推进器202的功率和前往电力推进单元114、116的功率之和在最高需求飞行航段(例如,爬升最高、起飞、紧急情况等)期间满足功率需求。

[0040] 在图2的所示实例中,混合动力传动系统108不包括用于存储电力推进单元114、116的电力的电池。而是,电力推进单元114、116仅在发电机242被激活并产生电力时被激活(例如,在第一操作模式期间)。这消除了对飞机100上的电池的需要。电池通常很重,因此增加了飞机100的重量。而且,将能量传递至电池以及从电池传递能量具有固有的低效率。因此,消除对电池的需要可以降低系统的重量并提高效率。然而,在其他实例中,混合动力传动系统108可包括一个或多个电池以暂时存储用于电力推进单元114、116的电力。

[0041] 图3是第一机翼104的透视图,示出了耦合到第一机翼104的第一燃气涡轮推进发动机110以及第一电力推进单元114和第二电力推进单元116。第一机翼104示出为透明的,以暴露一些内部部件和连接件。燃气涡轮发动机200、推进器202和发电机242在图3中标记。在示出的实例中,燃气涡轮发动机200和发电机242布置在耦接到第一机翼104的短舱300内。因此,发电机242可结合到第一燃气涡轮推进发动机110的发动机舱300中。第一电力推进单元114的推进器232、电动机230和控制器234也在图3中标记。第一电力推进单元114集成到和/或耦接至发动机舱302,发动机舱302通过外挂架303耦接至第一机翼104。第二电力推进单元116的推进器238、电动机236和控制器240也在图3中示出。第二电力推进单元116类似地集成到和/或耦接至发动机舱304,发动机舱304通过外挂架305耦接至第一机翼104。在一些实例中,第一电力推进单元114和第二电力推进单元116是模块化的并且可从第一机翼104移除或附接至第一机翼104。这能够在某些情况下移除一个或多个电力推进单元114、116,以减小运载工具重量和阻力。

[0042] 如图3所示,第一电力推进单元114和第二电力推进单元116沿第一机翼104在第一燃气涡轮推进发动机110外侧间隔开。在一些实例中,将电力推进单元114、116沿第一机翼104间隔开是有利的,因为电力推进单元114、116在被激活时沿第一机翼104产生更均匀或均一的气流,这改善了升力和控制。虽然在该实例中混合动力传动系统108包括两个电力推进单元,但是混合动力传动系统108可以包括任何数量的电力推进单元(例如,三个、四个、五个等)。多个电力推进单元可在第一机翼104上以各种配置间隔开。

[0043] 如图3所示,第一电力线246和第二电力线248设置在(例如,路由通过)发电机242

与第一电力推进单元114和第二电力推进单元116之间的第一机翼104(例如,机翼箱中)中。当发电机242被激活时(例如,在第一操作模式期间),电力通过电力线246、248被供应到第一电力推进单元114和第二电力推进单元116。图3中还示出了示例性交叉电力线(cross power line)306,其将发电机242电耦合到第二机翼106上的另一发电机。因此,如果燃气涡轮推进发动机110、112中的一个和/或发电机不可操作(例如,损失功率),则另一发电机可向另一机翼上的电力推进单元114、120提供动力。因此,动力可以容易地分配到飞机100的受影响侧。

[0044] 在这个实例中,第一电力推进单元114的推进器232实施为具有多个桨叶308(在图3中参照了其中之一)的螺旋桨。在一些实例中,叶片308可在展开位置与折叠位置之间移动(例如,可折叠)以减小阻力。图3示出了展开位置中的叶片308,并且图4示出了折叠位置中的叶片308。在折叠位置,叶片308相对于展开位置向后倾斜或折叠。在其他实例中,叶片308可向前平铺或折叠。在电力推进单元114、116被激活以产生推力的时间期间,诸如在第一操作模式期间(例如,在起飞、爬升或着陆期间),叶片308可移动至展开位置。在电力推进单元114、116未被激活的时间期间,诸如在第二和第三操作模式期间,叶片308可移动至折叠位置。这减少了由电力推进单元114、116引起的阻力。在一些实例中,叶片308通过由控制器228控制的致动器来移动。其他电力推进单元116、118、120可类似地包括可折叠螺旋桨桨叶。在其他实例中,电力推进单元114-120可包括用于在未激活时减小阻力的其他装置,诸如在管道解决方案的情况下羽化叶片或风扇管道盖。

[0045] 如本文中所使用的,短语“通信”(包括其变体)涵盖直接通信和/或通过一个或多个中间部件的间接通信,并且不要求直接物理(例如,有线)通信和/或恒定通信,而是附加地包括以周期性间隔、调度间隔、非周期性间隔、和/或一次性事件的选择性通信。

[0046] 如在本文中所使用的,“处理器电路”被定义为包括(i)一个或多个专用电路,该一个或多个专用电路被配置成用于执行(多个)具体操作并且包括一个或多个基于半导体的逻辑器件(例如,由一个或多个晶体管实现的电气硬件),和/或(ii)一个或多个通用基于半导体的电路,该一个或多个通用基于半导体的电路可以指令编程以执行具体操作并且包括一个或多个基于半导体的逻辑器件(例如,由一个或多个晶体管实现的电气硬件)。处理器电路的实例包括可编程微处理器、可实例化指令的现场可编程门阵列(FPGA)、中央处理器单元(CPU)、图形处理器单元(GPU)、数字信号处理器(DSP)、XPU、或微控制器、以及诸如专用集成电路(ASIC)之类的集成电路。例如,XPU可以由异构计算系统来实现,所述异构计算系统包括多种类型的处理器电路(例如,一个或多个FPGA、一个或多个CPU、一个或多个GPU、一个或多个DSP等,和/或其组合)和可以向多种类型的处理器电路中的最适合执行计算任务的任何一个处理器电路指派计算任务的应用编程接口(API)。

[0047] 虽然在图2中示出了实现控制器228的示例性方式,但是在图2中示出的元件、过程和/或设备中的一个或多个可以以任何其他方式被组合、划分、重新布置、省略、消除和/或实现。进一步,图2的示例性控制器228可以单独由硬件实现,或者由与软件和/或固件结合的硬件实现。因此,示例性控制器228可以由处理器电路、(多个)模拟电路、(多个)数字电路、(多个)逻辑电路、(多个)可编程处理器、(多个)可编程微控制器、(多个)图形处理单元(GPU)、(多个)数字信号处理器(DSP)、(多个)专用集成电路(ASIC)、(多个)可编程逻辑器件(PLD)和/或(多个)现场可编程逻辑器件(FPLD)(多个)(诸如现场可编程门阵列(FPGA))实

现。更进一步,图2的示例性控制器228可以包括一个或多个元件、过程和/或设备,除了在图2中示出的那些之外或者代替在图2中示出的那些,和/或可以包括多于所示出的元件、过程和设备中的任一个或全部。

[0048] 图5中示出了代表示例机器可读指令的流程图,所述机器可读指令可被执行以配置处理器电路来实现图2的控制器228。机器可读指令可以由处理器电路(诸如在下面结合图6讨论的示例性处理器平台600中示出的处理器电路612)执行的一个或多个可执行程序或一个可执行程序的(一个或多个)部分。程序可以软件示例,这些软件存储在一个或多个非瞬态计算机可读存储介质(诸如致密盘(CD)、软盘、硬盘驱动器(HDD)、固态驱动器(SSD)、数字通用盘(DVD)、蓝光盘),与位于一个或多个硬件设备中的处理器电路相关联的易失性存储器(例如,任何类型的随机存取存储器(RAM)等)或非易失性存储器(例如,电可擦除可编程只读存储器(EEPROM)、闪存、HDD、SSD等),但是整个程序和/或其部分可以可替代地由除了处理器电路之外的一个或多个硬件设备执行和/或例示在固件或专用硬件中。机器可读指令可以分布在多个硬件设备上和/或由两个或更多个硬件设备(例如,服务器和客户端硬件设备)执行。例如,客户端硬件设备可以由可以促进服务器和端点客户端硬件设备之间的通信的端点客户端硬件设备(例如,与用户相关联的硬件设备)或中间客户端硬件设备(例如,无线接入网络(RAN))网关来实现。类似地,非暂态计算机可读存储介质可包括位于一个或多个硬件设备中的一个或多个介质。进一步,尽管参见图5所示的流程图描述了示例性程序,但是可替代地可以使用实现示例性控制器228的许多其他方法。例如,可改变框的执行顺序,和/或可改变、消除或组合所描述的一些框。除此之外或作为另外一种选择,可通过一个或多个硬件电路(例如,处理器电路、分离和/或集成的模拟和/或数字电路、FPGA、ASIC、比较器、运算放大器(op-amp)、逻辑电路等)来实现任何或全部模块,所述硬件电路被构造为在不执行软件或固件的情况下执行对应的操作。处理器电路可以分布在不同的网络位置中和/或位于一个或多个硬件设备(例如,单核处理器(例如,单核中央处理单元(CPU))、单机中的多核处理器(例如,多核CPU、XPU等)、跨服务器机架的多个服务器分布的多个处理器、跨一个或多个服务器机架分布的多个处理器、位于同一封装(例如,同一集成电路(IC)封装或两个或更多个单独的壳体等)中的CPU和/或FPGA中。

[0049] 本文所描述的机器可读指令可以压缩格式、加密格式、分段格式、编译格式、可执行格式、封装格式等中的一者或多者来存储。如本文中所描述的机器可读指令可存储为可用于创建、制造和/或产生机器可执行指令的数据或数据结构(例如,作为指令、代码、代码的表示等的部分)。例如,机器可读指令可被分段并存储在位于网络或网络集合的相同或不同位置(例如,在云中、在边缘设备等)的一个或多个存储设备和/或计算设备(例如,服务器)上。机器可读指令可要求安装、修改、适配、更新、组合、补充、配置、解密、解压缩、解包、分配、重新指派、编译等中的一个或多个,以便使它们由计算设备和/或其他机器直接可读、可解译和/或可执行。例如,机器可读指令可存储在多个部分中,所述多个部分被个别地压缩、加密和/或存储在单独计算装置上,其中,当解密、解压缩和/或组合时,多个部分形成机器可执行指令集,该机器可执行指令集实现可以一起形成诸如本文中描述的程序的一个或多个操作。

[0050] 在另一实例中,机器可读指令可以以被处理器电路读取的状态存储,但是需要添加库(例如,动态链接库(DLL))、软件开发工具包(SDK)、应用编程接口(API)等,以便在特定

计算设备或其他设备上执行机器可读指令。在另一实例中,机器可读指令可能需要在机器可读指令和/或相应程序可全部或部分执行之前被配置(例如,存储的设置、数据输入、记录的网络地址等)。因此,如本文中所使用的机器可读介质可包括机器可读指令和/或程序,而不管机器可读指令和/或程序在被存储或以其他方式在休息或在运送时的特定格式或状态。

[0051] 本文描述的机器可读指令可由任何过去、现在或将来的指令语言、脚本语言、编程语言等来表示。例如,机器可读指令可使用以下语言中的任一个来表示:C、C++、Java、C#、Perl、Python、JavaScript、超文本标记语言(HTML)、结构化查询语言(SQL)、Swift等。

[0052] 如上所述,图5的示例性操作可使用存储在一个或多个非瞬态计算机和/或机器可读介质上的可执行指令(例如,计算机和/或机器可读指令)来实现,该一个或多个非瞬态计算机和/或机器可读介质诸如光学存储设备、磁存储设备、HDD、闪存、只读存储器(ROM)、CD、DVD、高速缓存、任何类型的RAM、寄存器、和/或其中存储信息达任何历时(例如,达延长的时间段、永久地、短暂的实例、用于临时缓冲、和/或用于高速缓存信息)的任何其他存储设备或存储盘。如本文中所使用的,术语非暂时性计算机可读介质、非暂时性计算机可读存储介质、非暂时性计算机可读介质和非暂时性机器可读存储介质明确界定为包括任何类型的计算机可读存储装置和/或存储盘且排除传播信号且排除传输介质。如本文中所使用的,术语“计算机可读存储设备”和“机器可读存储介质”被定义为包括用于存储信息、但是排除传播信号以及排除传输介质的任何物理(机械和/或电)结构。计算机可读存储设备和机器可读存储设备的实例包括任何类型的随机存取存储器、任何类型的只读存储器、固态存储器、闪存、光盘、磁盘、磁盘驱动器和/或独立磁盘冗余阵列(RAID)系统。如本文所使用的,术语“设备”是指物理结构,诸如机械和/或电气设备、硬件和/或电路,其可以或可以不由计算机可读指令、机器可读指令等配置,和/或制造为执行计算机可读指令、机器可读指令等。

[0053] “包括”和“包含”(以及其所有形式和时态)在此被用作开放式术语。因此,每当权利要求采用任何形式的“包括(include)”或“包含(comprise)”(例如,包含(comprises)、包括(includes)、包含(comprising)、包含(including)、具有(having)等)作为前导或在任何种类的权利要求陈述内时,应当理解的是,可以存在另外的元素、术语等,而不落在相应的权利要求或陈述的范围之外。如在本文中所使用的,当短语“至少”用作例如权利要求的前序部分中的过渡术语时,其以与术语“包括”和“包含”是开放式的方式相同的方式是开放式的。例如,当以如A、B和/或C的形式使用时,术语“和/或”是指A、B、C的任何组合或子集,如(1)单独的A、(2)单独的B、(3)单独的C、(4)A与B、(5)A与C、(6)B与C或(7)A与B与C以及C。如本文在描述结构、组件、项目、对象和/或事物的上下文中所使用的,短语“A和B中的至少一个”旨在指包括以下中的任一个的实现方式:(1)至少一个A,(2)至少一个B,或者(3)至少一个A和至少一个B。类似地,如在此在描述结构、部件、项目、对象和/或事物的上下文中所使用的,短语“A或B中的至少一个”旨在指包括以下各项中的任一项的实现方式:(1)至少一个A、(2)至少一个B、或(3)至少一个A和至少一个B。如本文在描述过程、指令、动作、活动和/或步骤的性能或执行的上下文中所使用的,短语“A和B中的至少一个”旨在指包括以下中的任一个的实现方式:(1)至少一个A,(2)至少一个B,或者(3)至少一个A和至少一个B。类似地,如本文在描述过程、指令、动作、活动和/或步骤的性能或执行的上下文中所使用的,短语“A或B中的至少一个”旨在指包括以下中的任一个的实现方式:(1)至少一个A,(2)

至少一个B,或者(3)至少一个A和至少一个B。

[0054] 如本文中使用的,单数引用(例如,“一个”、“一种”、“第一”、“第二”等)不排除多个。如本文所使用的,术语“一个”或“一种”对象是指该对象中的一个或多个。术语“一个”(或“一种”)、“一个或多个”、以及“至少一个”在此可互换地使用。此外,虽然单独地列出,但是多个装置、元素或方法动作可以通过例如同一体或对象来实现。此外,尽管各个特征可以包括在不同的示例或权利要求中,但是这些特征可以进行组合,并且包括在不同的示例或权利要求中并不暗示特征的组合是不可行的和/或有利的。

[0055] 图5是表示改变飞机的混合动力传动系统的操作模式的示例性方法500的流程图。结合混合动力传动系统108公开了示例性方法500。示例性方法500可至少部分地由图2的控制器228执行,控制器228控制各种装置(例如,断开件244、阀226、250等)以使混合动力传动系统108以不同的操作模式操作。因此,示例性方法500可以表示可以由处理器电路执行和/或实例化的机器可读指令和/或示例性操作。

[0056] 在框502,混合动力传动系统108在飞行的第一航段期间以第一操作模式操作。飞行的第一航段可对应于需要较高(例如,峰值)功率的航段段,诸如在起飞、爬升或着陆期间。在第一操作模式下,燃气涡轮发动机200是激活的并且驱动推进器202以产生推力。此外,第一电力推进单元114和第二电力推进单元116是激活的以产生额外的推力。在第一操作模式期间,发电机242机械耦接到驱动轴204并由驱动轴204驱动。例如,控制器228可控制断开件244以将发电机242连接到驱动轴204。发电机242产生向第一电力推进单元114和第二电力推进单元116的电动机230、236提供动力的电力。在一些实例中,在第一操作模式期间,ITB216被激活。例如,控制器228可以打开阀250以使燃料能够流到ITB216。这增加了燃气涡轮发动机200的功率输出,这导致了用于驱动发电机242的高推力和附加功率。

[0057] 在框504,混合动力传动系统108在飞行的第二航段期间在第二操作模式下操作。飞行的第二航段可对应于要求较低功率的航段,诸如在巡航期间。在第二操作模式中,燃气涡轮发动机200是激活的并且驱动推进器202以产生推力。然而,第一电力推进单元114和第二电力推进单元116被停用。控制器228可激活断开件244以将发电机242与燃气涡轮发动机200断开,使得发电机242不会在燃气涡轮发动机200上产生不必要的负载。在第二操作模式期间,ITB216被停用。控制器228可以关闭阀250以切断至ITB216的燃料流。

[0058] 在框506,混合动力传动系统108在飞行的第三航段期间在第三操作模式下操作。飞行的第三航段可对应于在相对较短的时间段内需要高功率的航段,诸如在短航行演习(dash maneuver)期间。在第三操作模式期间,ITB216被激活以增加第一燃气涡轮推进发动机110的输出功率。这提供了可能期望执行短航行操纵的增加的推力。然而,在第三操作模式期间,电力推进单元114、116保持停用。

[0059] 在一些实例中,当电力推进单元114、116未被激活时,诸如在第二操作模式和第三操作模式期间,电力推进单元114、116的叶片308可被移动到折叠位置以减小阻力。控制器228可激活一个或多个致动器以将叶片308移动至折叠位置。然后,当电力推进单元114、116被激活时,诸如在第一操作模式期间,控制器228可激活致动器以将叶片308移动回到展开位置。

[0060] 在一些实例中,控制器228可自动控制混合动力传动系统108以在不同操作模式之间切换。例如,控制器228可以检测(例如,经由一个或多个传感器和/或输入)飞行的航段。

基于飞行的航段,控制器228可以在不同操作模式之间切换混合动力传动系统108。例如,在起飞、爬升和着陆期间,混合动力传动系统可以在第一操作模式下运行。然后,在巡航期间,混合动力传动系统108可在第二操作模式下操作。在短航行演习期间,混合动力传动系统108可在第三操作模式下操作。附加地或替代地,控制器228可基于飞行员输入在不同操作模式之间切换。例如,如果飞行员请求附加功率,则混合动力传动系统108可在第一或第三操作模式下操作,且在较少功率需求的时间期间,混合动力传动系统108可在第二操作模式下操作。

[0061] 图6是示例性处理器平台600的框图,示例性处理器平台600被构造为执行和/或实例化图5的机器可读指令和/或操作以实现图2的控制器228。处理器平台600可以是例如服务器、个人计算机、工作站、自学习机器(例如,神经网络)、移动设备(例如,蜂窝电话、智能电话、诸如iPad™的平板电脑)、个人数字助理(PDA)、互联网设备、DVD播放器、CD播放器、数字视频记录器、蓝光播放器、游戏控制台、个人视频记录器、机顶盒、头戴式耳机(例如,增强现实(AR)头戴式耳机、虚拟现实(VR)头戴式耳机等)或其他可穿戴设备、或任何其他类型的计算设备。

[0062] 所示实例的处理器平台600包括处理器电路612。所示实例的处理器电路612是硬件。例如,处理器电路612可以由来自任何期望的家庭或制造商的一个或多个集成电路、逻辑电路、FPGA、微处理器、CPU、GPU、DSP、和/或微控制器来实现。处理器电路612可以由一个或多个基于半导体(例如,基于硅)的装置来实现。在该实例中,处理器电路612实现控制器228。

[0063] 所示实例的处理器电路612包括本地存储器613(例如,高速缓存、寄存器等)。所示实例的处理器电路612通过总线618与包括易失性存储器614和非易失性存储器616的主存储器通信。易失性存储器614可以由同步动态随机存取存储器(SDRAM)、动态随机存取存储器(DRAM)、**RAMBUS®**动态随机存取存储器(**RDRAM®**)和/或任何其他类型的RAM设备来实现。非易失性存储器616可以由闪存和/或任何其他期望类型的存储器设备实现。对所实例的对主存储器614、616的访问由存储器控制器617控制。

[0064] 所示实例的处理器平台600还包括接口电路620。接口电路620可以由根据任何类型的接口标准(诸如以太网接口、通用串行总线(USB)接口、**蓝牙®**接口、近场通信(NFC)接口、外围组件互连(PCI)接口、和/或外围组件互连快速(PCIe)接口)的硬件来实现。

[0065] 在所示实例中,一个或多个输入设备622连接至接口电路620。输入设备622允许用户将数据和/或命令输入到处理器电路612中。输入设备622可由例如音频传感器、麦克风、相机(静态或视频)、键盘、按钮、鼠标、触摸屏、跟踪板、跟踪球、等点设备和/或语音识别系统来实现。

[0066] 一个或多个输出设备624也连接到所示实例的接口电路620。输出设备624可以例如由显示设备(例如,发光二极管(LED)、有机发光二极管(OLED)、液晶显示器(LCD)、阴极射线管(CRT)显示器、原位切换(IPS)显示器、触摸屏等)、触觉输出设备、打印机和/或扬声器来实现。因此,所示实例的接口电路620通常包括图形驱动卡、图形驱动芯片和/或例如GPU的图形处理器电路。

[0067] 所示实例的接口电路620还包括诸如发射器、接收器、收发器、调制解调器、住宅网关、无线接入点和/或网络接口的通信设备,以促进通过网络626与外部机器(例如,任何种

类的计算设备)的数据交换。通信可以通过例如以太网连接、数字用户线路(DSL)连接、电话线连接、同轴电缆系统、卫星系统、现场无线系统、蜂窝电话系统、光学连接等。

[0068] 所示实例的处理器平台600还包括用于存储软件和/或数据的一个或多个大容量存储设备628。这种大容量存储设备628的实例包括磁存储设备、光存储设备、软盘驱动器、HDD、CD、蓝光盘驱动器、独立磁盘冗余阵列(RAID)系统、诸如闪存设备和/或SSD的固态存储设备和DVD驱动器。

[0069] 可由图5的机器可读指令实现的机器可读指令632可存储在大容量存储设备628中、易失性存储器614中、非易失性存储器616中和/或诸如CD或DVD之类的可移动非瞬态计算机可读存储介质上。

[0070] 根据前述内容,将理解的是,已经公开了降低飞机动力系统燃料消耗和排放的示例性系统、方法、装置和制品。本文公开的实例利用燃气涡轮发动机和电动发动机的独特组合,以使燃气涡轮发动机的尺寸更小,同时在峰值需求时间期间仍提供足够的功率。本文公开的一些实例利用了发动机核中的ITB,这使得燃气涡轮发动机能够在处于部分功率设定时运行更接近最佳设计条件。

[0071] 在以下段落中描述了根据本公开内容的进一步的说明性和非排他性实例:

[0072] 在根据本公开的实例中,一种用于飞机(100)的混合动力传动系统(108),所述混合动力传动系统(108)包括:燃气涡轮推进发动机(110),包括第一推进器(202)和驱动第一推进器(202)以产生推力的燃气涡轮发动机(200);发电机(242),可操作地耦接至燃气涡轮发动机(200)的驱动轴(204);以及电力推进单元(114),包括第二推进器(232)和驱动第二推进器(232)以产生推力的电动机(230),其中,在第一操作模式期间,燃气涡轮推进发动机(110)和电力推进单元(114)被激活以产生推力,并且其中,在第一操作模式期间,发电机(242)由燃气涡轮发动机(200)驱动以产生电力来对电力推进单元(114)提供动力,并且在第二操作模式期间,燃气涡轮推进发动机(110)被激活以产生推力并且电力推进单元(114)被停用。

[0073] 可选地,在前面段落之一的混合动力传动系统(108)中,燃气涡轮发动机(200)包括涡轮间燃烧器(216)。

[0074] 可选地,在前面段落之一所述的混合动力传动系统(108)中,在第一操作模式期间,激活涡轮间燃烧器(216)以增加燃气涡轮发动机(200)的功率输出。

[0075] 可选地,在前面段落之一所述的混合动力传动系统(108)中,在第二操作模式期间,涡轮间燃烧器(216)被停用。

[0076] 可选地,在前面段落之一所述的混合动力传动系统(108)中,在第三操作模式期间,激活涡轮间燃烧器(216)以增加燃气涡轮发动机(200)的功率输出,并且电力推进单元(114)被停用。

[0077] 可选地,前述段落之一所述的混合动力传动系统(108)还包括在发电机(242)和驱动轴(204)之间的离合器(244),以在第二操作模式期间使发电机(242)与驱动轴(204)断开。

[0078] 可选地,在前面段落之一所述的混合动力传动系统(108)中,第二推进器(232)是具有在展开位置和折叠位置之间可移动的叶片(308)的螺旋桨。

[0079] 可选地,在前面段落之一所述的混合动力传动系统(108)中,在第一操作模式期

间,叶片(308)处于展开位置,并且在第二操作模式期间,叶片(308)处于折叠位置。

[0080] 可选地,在前面段落之一所述的混合动力传动系统(108)中,电力推进单元(114)是第一电力推进单元,混合动力传动系统(108)还包括第二电力推进单元(116),其中,第二电力推进单元(116)在第一操作模式期间被激活并且在第二操作模式期间被停用。

[0081] 可选地,在前面段落之一所述的混合动力传动系统(108)中,第一推进器是螺旋桨(202),并且其中,燃气涡轮发动机(200)和推进器(202)形成涡轮螺旋桨发动机。

[0082] 在根据本公开的另一实例中,一种飞机(100)包括:机翼(104);以及混合动力传动系统(108),混合动力传动系统(108)包括:燃气涡轮推进发动机(110),耦接至机翼(104);发电机(242),由燃气涡轮推进发动机(110)驱动;以及电力推进单元(114),耦接至机翼(104),其中,在第一操作模式期间,燃气涡轮推进发动机(110)被激活以产生推力,并且燃气涡轮推进发动机(110)驱动所述发电机(242)以产生电力,用于激活电力推进单元(114)以产生推力,并且在第二操作模式期间,电力推进单元(114)被停用。

[0083] 可选地,在前面段落的飞机(100)中,燃气涡轮推进发动机(110)包括具有涡轮间燃烧器(216)的燃气涡轮发动机(200)。

[0084] 可选地,在前面段落之一的飞机(100)中,在第一操作模式期间,涡轮间燃烧器(216)被激活,并且在第二操作模式期间,涡轮间燃烧器(216)被停用。

[0085] 可选地,在前面段落之一的飞机(100)中,发电机(242)结合到燃气涡轮推进发动机(110)的发动机舱(300)中。

[0086] 可选地,在前面段落之一所述的飞机(100)中,混合动力传动系统(108)包括在发电机(242)和电力推进单元(114)之间的电力线(246),电力线(246)设置在机翼(104)中。

[0087] 可选地,在前面段落之一所述的飞机(100)中,混合动力传动系统(108)包括耦接到机翼(104)的多个电力推进单元(114、116),多个电力推进单元(114、116)在第二操作模式期间由发电机(242)提供动力。

[0088] 可选地,在之前段落的任一项所述的飞机(100)中,多个电力推进单元(114、116)在燃气涡轮推进发动机(110)的外侧沿着机翼(104)间隔开。

[0089] 在根据本发明的另一实例中,一种方法包括:在飞行的第一航段期间以第一操作模式操作飞机(100)的混合动力传动系统(108),混合动力传动系统(108)包括燃气涡轮推进发动机(110)、由燃气涡轮推进发动机(110)驱动的发电机(242)和电力推进单元(114),其中,在第一操作模式期间,燃气涡轮推进发动机(110)被激活以产生推力,并且燃气涡轮推进发动机(110)驱动发电机(242)以产生电力,用于激活电力推进单元(114)以产生推力;以及在飞行的第二航段期间以第二操作模式操作混合动力传动系统(108),其中,在第二操作模式期间,燃气涡轮推进发动机(110)被激活且电力推进单元(114)被停用。

[0090] 可选地,在前面段落的方法中,飞行的第一航段包括起飞并且飞行的第二航段包括巡航。

[0091] 可选地,在前面段落之一所述的方法中,燃气涡轮推进发动机(110)包括具有涡轮间燃烧器(216)的燃气涡轮发动机(200),其中,在第一操作模式期间,涡轮间燃烧器(216)被激活以增加燃气涡轮发动机(200)的功率输出,并且该第二操作模式期间,涡轮间燃烧器(216)被停用。

[0092] 以下权利要求由此通过此引用结合到此详细说明中。虽然本文已经公开了某些示

例性系统、方法、装置和制品,但是本专利的覆盖范围不限于此。相反,本专利覆盖完全落入本专利的权利要求范围内的所有系统、方法、装置和制品。

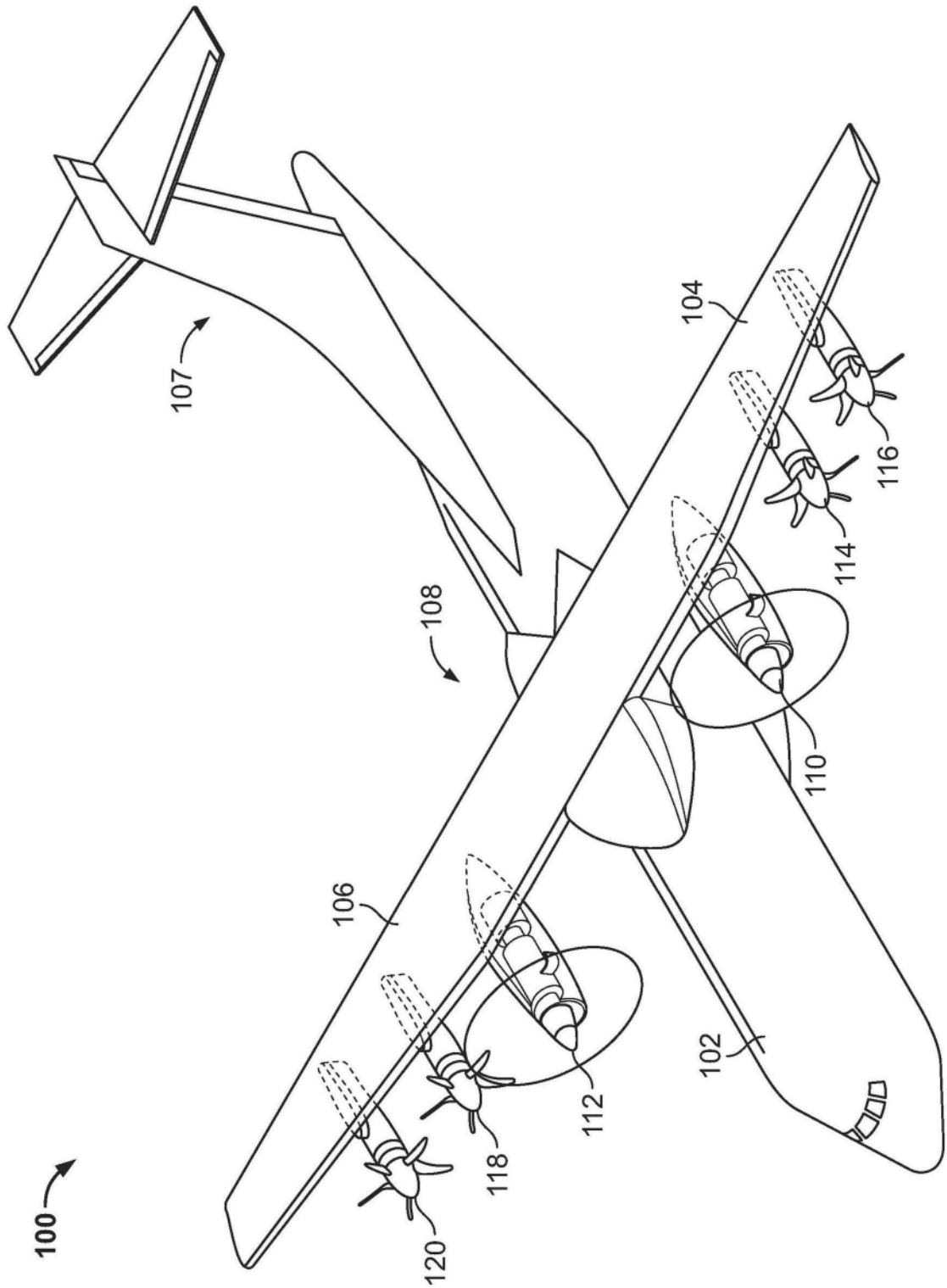


图1

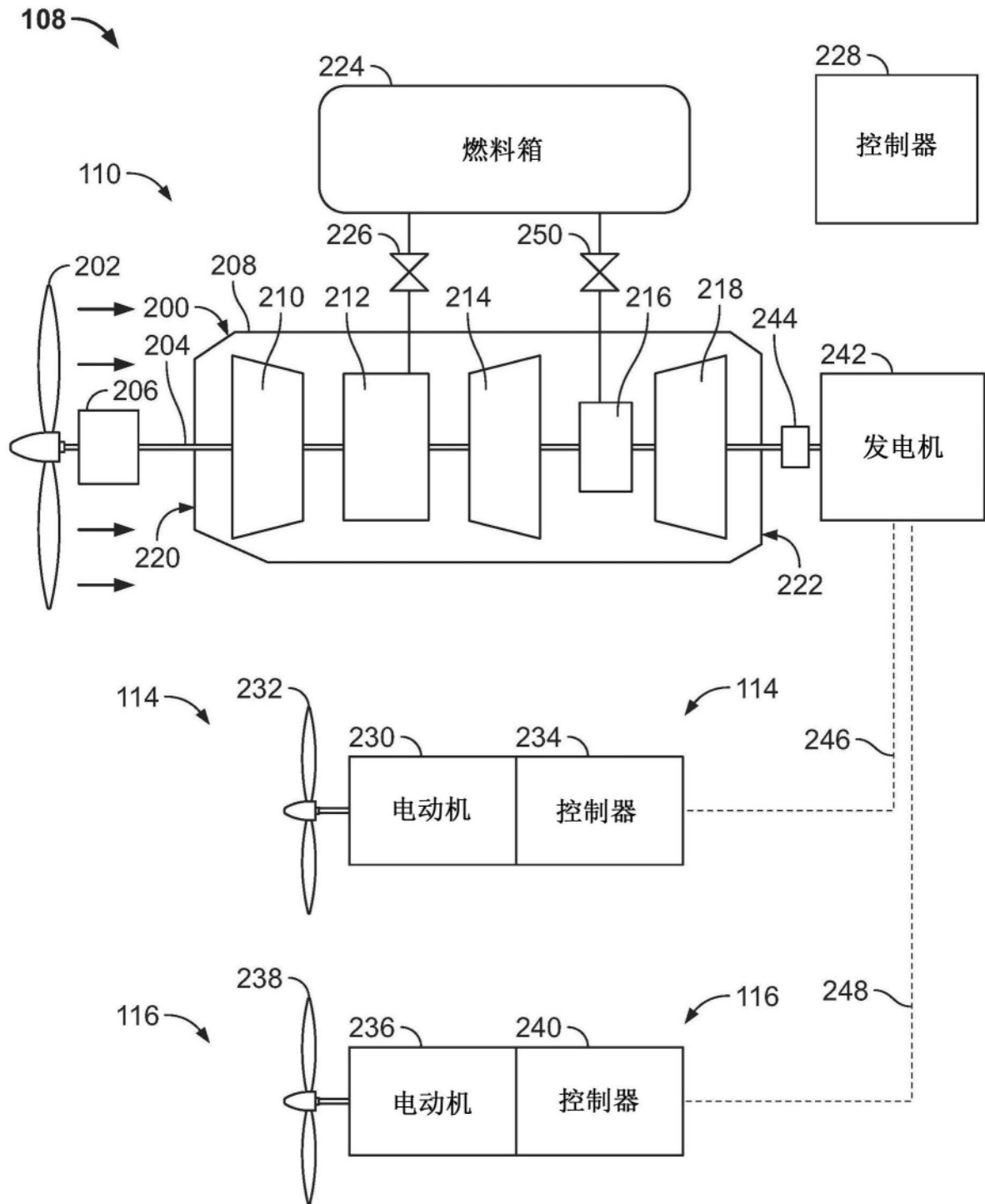


图2

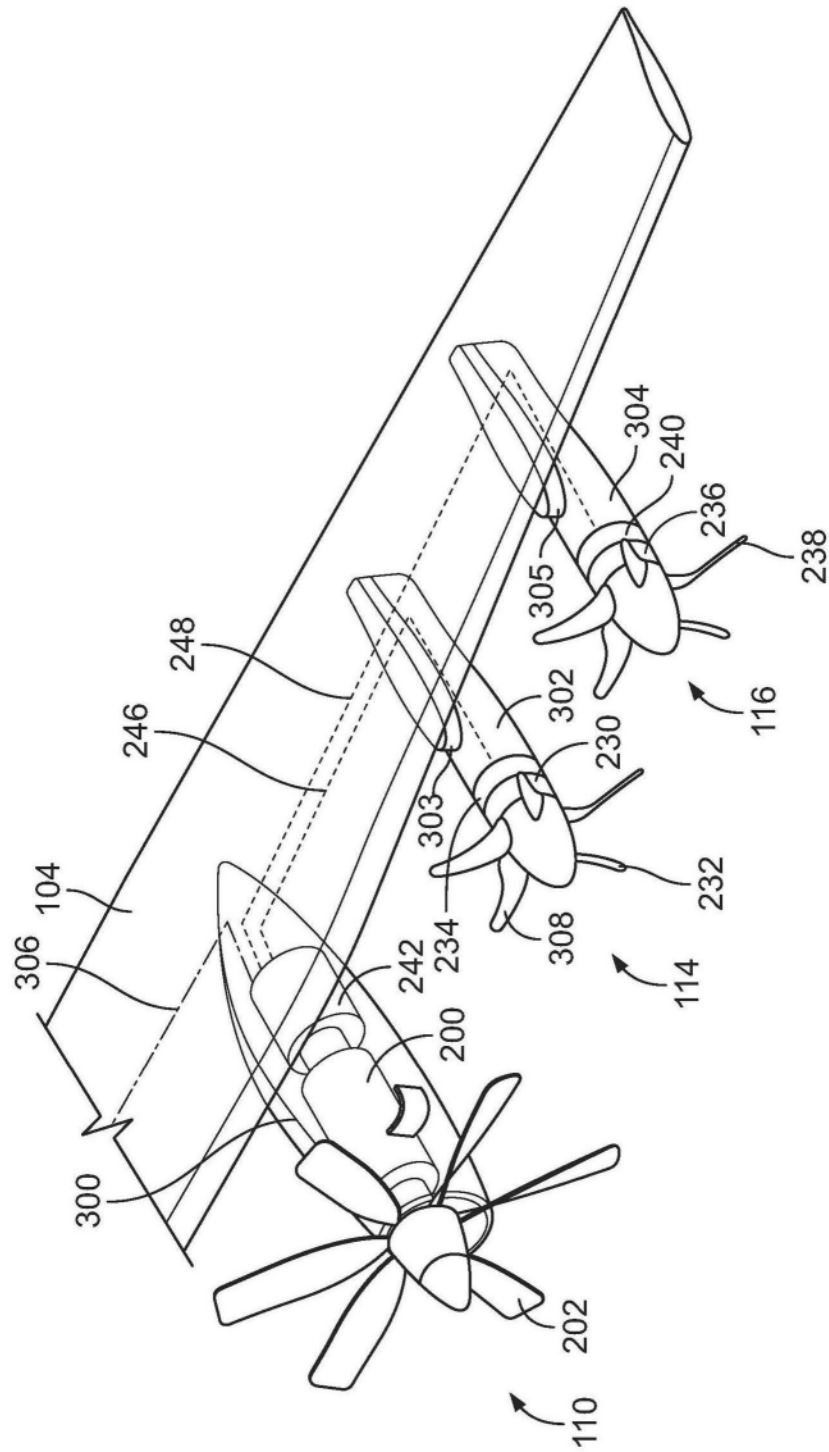


图3

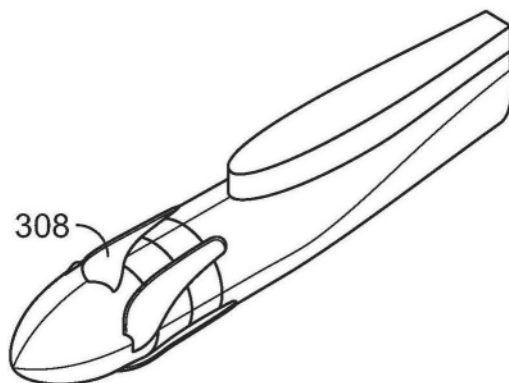


图4

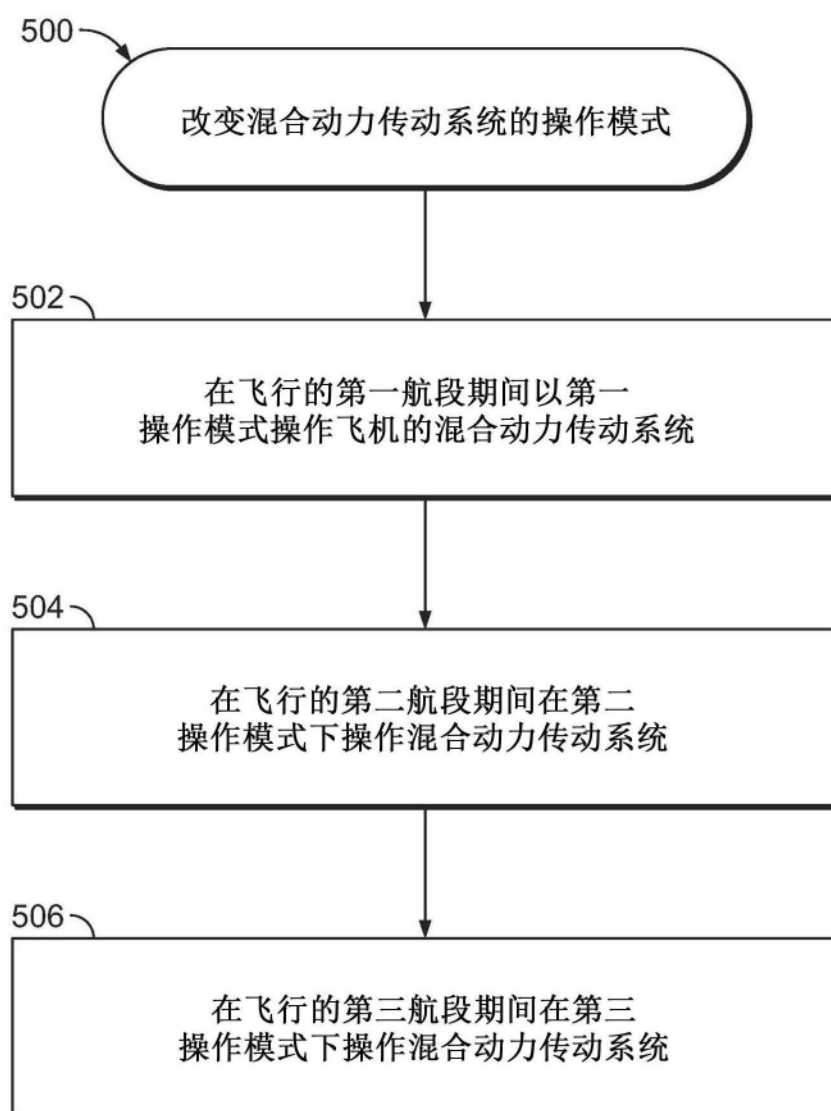


图5

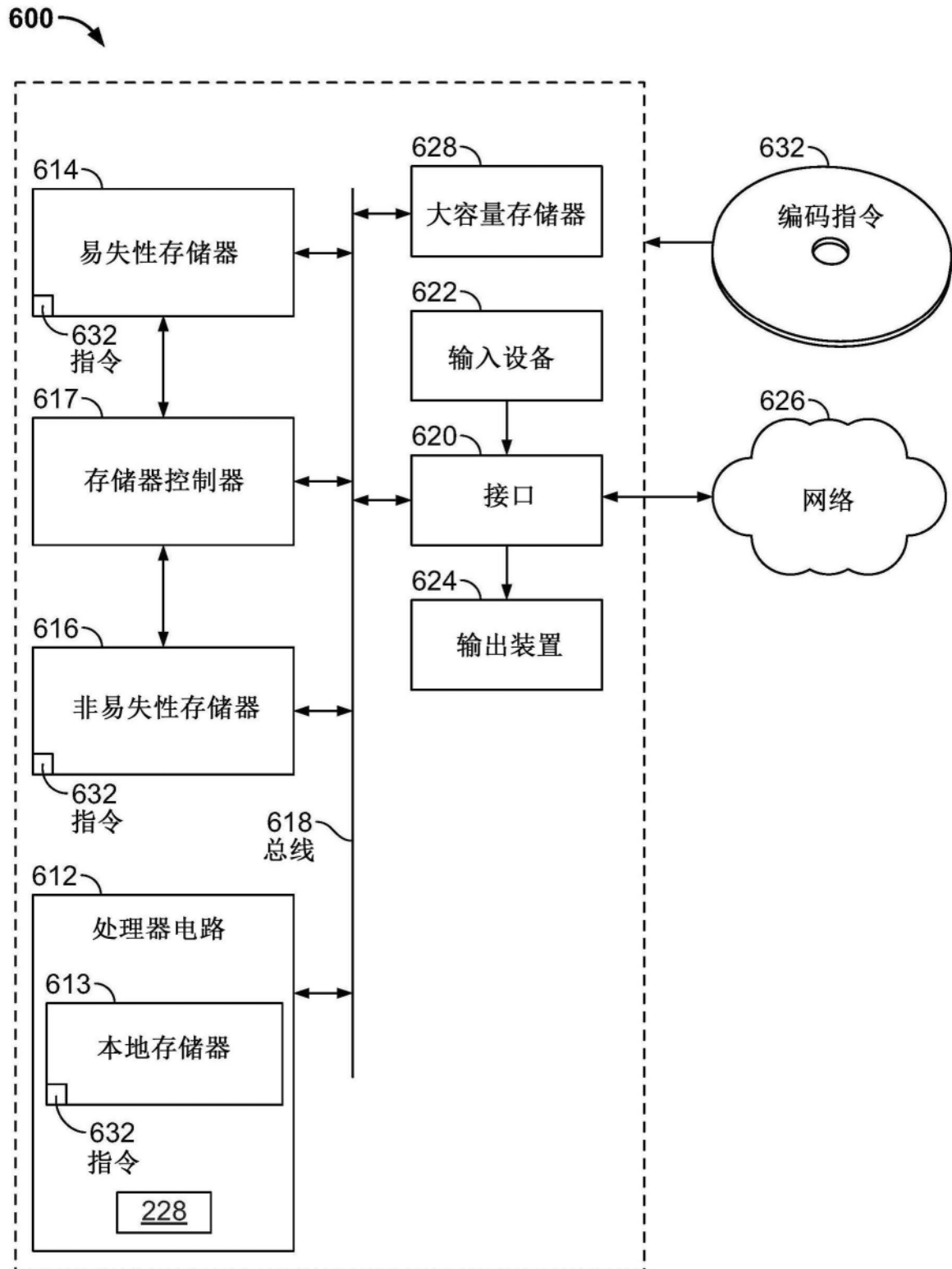


图6