



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101230802 B

(45) 授权公告日 2013. 03. 27

(21) 申请号 200710196925. 8

GB 1204321 A, 1970. 09. 03, 全文.

(22) 申请日 2007. 12. 06

审查员 张炜

(30) 优先权数据

11/567490 2006. 12. 06 US

(73) 专利权人 通用电气公司

地址 美国纽约州

(72) 发明人 J·M·凯恩 M·V·德雷克塞尔

J·D·范丹

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公

司 72001

代理人 原绍辉 廖凌玲

(51) Int. Cl.

F02C 7/36(2006. 01)

(56) 对比文件

US 6895741 B2, 2005. 05. 24, 全文.

US 4282709 A, 1981. 08. 11, 全文.

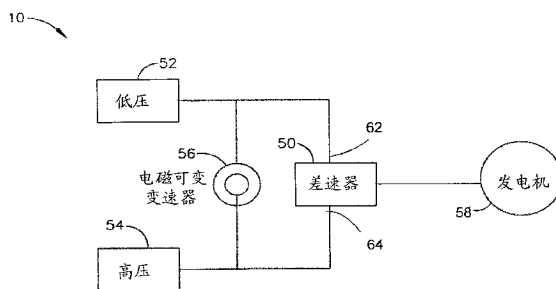
权利要求书 2 页 说明书 7 页 附图 4 页

(54) 发明名称

涡扇发动机的高压转子和低压转子的可变耦合

(57) 摘要

本发明提供涡扇发动机的高压转子和低压转子的可变耦合。其中一种用于在涡扇发动机(10)的若干旋转机械之间可变化地传递机械扭矩的系统。使用二个装置,在该处该第一装置依靠行星磁性齿轮箱(50)的磁性以耦合磁性机械。使用该第二装置以可变化地控制磁性机械之间的扭矩传递。该系统耦合涡扇发动机(10)内以不同速度旋转的旋转轴(52、54)以便可控制地传输功率。为了在系统中传输功率。通过耦合较高和较低速度发动机轴(52、54)到周转磁性齿轮箱(50)获得固定的齿轮传动比。



1. 用于可变耦合高压转子与低压转子以驱动涡扇发动机的发电机的系统,该系统包括:

差速器齿轮部分,具有第一输入部分、第二输入部分、以及输出轴;

电磁可变变速器,具有可独立地旋转的内转子部分和可独立地旋转的外转子部分,该内转子部分与高压转子和低压转子的一个耦合,同时该外转子部分连接到另一转子,以便在高压转子与低压转子之间传递扭矩;

所述差速器齿轮部分在高压转子与低压转子之间与电磁可变变速器并联连接;

发电机,机械地耦合到输出轴;

其中设置所述差速器齿轮部分以平衡高压转子的旋转速度、低压转子的旋转速度、和用于驱动发电机的输出轴的输出速度,所述电磁可变变速器被布置为可控制地从低压转子耦合动力到高压转子。

2. 权利要求 1 的系统,其中高压转子被连接到第一输入部分,而低压转子被连接到第二输入部分。

3. 权利要求 1 的系统,其中低压转子被连接到第一输入部分,而高压转子被连接到第二输入部分。

4. 权利要求 1 的系统,其中差速器齿轮部分是行星齿轮箱。

5. 权利要求 1 的系统,其中差速器齿轮部分是开放式差速齿轮箱。

6. 权利要求 1 的系统,其中差速器齿轮部分是限制滑动的差速器或 Torsen 差速器。

7. 权利要求 1 的系统,其中差速器齿轮部分包括至少一个粘性耦合器。

8. 一种为可变地耦合涡扇发动机的高压转子与低压转子以驱动发电机的方法,该方法包括以下步骤:

提供差速器齿轮部分和电磁可变变速器;

将电磁可变变速器与高压转子和低压转子耦合;

通过电磁可变变速器可控制地在高压转子和低压转子之间传递扭矩;

在高压转子与低压转子之间将差速器齿轮部分并联地与电磁可变变速器连接;

平衡高压转子的旋转速度、低压转子的旋转速度、以及差速器齿轮部分的输出轴的输出的速度;及

通过机械耦合发电机到输出轴而驱动发电机。

9. 权利要求 8 的方法,还包括根据输入速比的预定比例确定对负荷的功率传递比率的步骤。

10. 权利要求 8 的方法,还包括根据对高压和低压转子之一的预定选择从低压或高压转子之一耦合扭矩到另一转子的步骤。

11. 权利要求 8 的方法,还包括供给电负荷。

12. 权利要求 8 的方法,还包括供给机械负荷。

13. 燃气涡轮发动机,包括:

至少一个压缩机、燃烧室、串联流动连通安排并绕环形外壳内发动机的纵轴设置的高压涡轮和低压涡轮;在工作期间,所述至少一个压缩机由高压涡轮和低压涡轮以及压缩机空气驱动;以及

可变化的耦合器部分,以将高压转子和低压转子耦合以驱动涡扇发动机的发电机,该

可变化的耦合器部包括：

具有第一输入部分、第二输入部分、输出轴的差速器齿轮部分；

电磁可变变速器，具有可独立地旋转的内转子部分和可独立地旋转的外转子部分，该内转子部分与高压转子和低压转子中的一个耦合，同时该外转子部分连接到另一转子，以便在高压转子与低压转子之间传递扭矩；

所述差速器齿轮部分在高压转子与低压转子之间与电磁可变变速器并联连接；

发电机，机械地耦合到输出轴；

其中设置所述差速器齿轮部分以平衡高压转子的旋转速度、低压转子的旋转速度、和用于驱动发电机的输出轴的输出速度；所述电磁可变变速器被布置为可控制地从低压转子耦合动力到高压转子。

涡扇发动机的高压转子和低压转子的可变耦合

技术领域

[0001] 本发明涉及旋转机械的耦合方法与装置,且更具体地涉及涡扇机械的高压 (HP) 和低压 (LP) 涡轮轴的耦合。

背景技术

[0002] 燃气涡轮发动机通常包括后面依次有燃烧室与高和低压涡轮的一或几个压缩机。这些发动机部件被串联流动连通地布置并绕环状外壳内的发动机纵轴中心线设置。在工作过程中由各个涡轮和压缩机空气驱动该压缩机。该压缩机空气是与燃料混合的并在燃烧室中点火以产生热的燃烧气体。该燃烧气体经过高和低压涡轮流动,该涡轮引出由热燃烧气体产生的能量以驱动压缩机,并产生辅助的输出功率。

[0003] 该发动机功率既可作为轴功率也可以作为轴向推力传输以驱动飞行中的飞行器。例如,在其它可旋转的负荷中,如涵道涡扇发动机中的风扇转子,或燃气涡轮螺旋桨发动机中的螺旋桨,从高和低压涡轮引出功率以驱动各个风扇转子和螺旋桨。

[0004] 应该理解,在工作中,涡扇发动机的个别部件要求不同的功率参数。例如,由桨叶端速度将风扇旋转速度限制到一定程度,同时由于风扇直径非常大,所以旋转速度必需很低。另一方面,因中心压缩机很小的直径,所以可在较高的旋转速度驱动它。因此,具有独立的功率传输装置的分立的高与低压涡轮对于飞行器燃气涡轮发动机中的风扇与中心压缩机是必需的。此外由于在较高旋转速度的涡轮是最有效的,因此较低速度涡轮驱动风扇要求附加的级以引出需要的功率。

[0005] 设计许多新的飞行器系统以提供比目前飞行器系统上那些更大的电负荷。目前已开发的商业班机设计的电力系统规范可能要求目前商业班机的高达两倍的电功率。这一增加的电功率的要求必需从驱动飞行器的发动机的机械功率得到。当在较低的功率水平操纵飞行器时,例如,当从高空无工作下降时,从发动机机械功率引出此附加电功率可以降低效率以适当操作发动机。

[0006] 传统地,在燃气涡轮发动机中从高压 (HP) 发动机转子引出电功率。HP 发动机转子的较高工作速度使它成为机械功率的理想源以驱动与发动机连接的发电机。但是,希望从发动机内的附加源引出功率,而不是唯一地依赖 HP 发动机转子以驱动发电机。LP 发动机转子提供功率传输的替代源,但是,LP 发动机转子的较低的速度典型地要求使用齿轮箱,由于低速发电机通常大于在较高速度工作的类似额定的发电机。但是,当发动机在较低的功率水平(例如,在或接近高空空转下降、出租车低功率等)工作时从发动机引出的此附加功率可能导致降低的发动机可操作性。因此有时希望通过由某些其它方法传输扭矩和功率以增加在此转子上可能的功率大小。

[0007] 发动机内的另一功率源是低压 (LP) 转子,该低压转子典型地在比 HP 转子低得多的速度,以及在较宽的速度范围上工作。提倡这种低速度机械功率源而不转型导致不实际的发电机。已经提出对这种转型的许多解决办法,包括各种形式的常规传动装置、机械的齿轮传动、以及机电结构。

[0008] 一种解决方案是使用第三、中间压力 (IP) 的转子以独立地驱动发电机的涡轮发动机。但是此第三转子有时需要耦合到 HP 转子。用于耦合 IP 与 HP 转子的装置是机械离合器或粘性耦合机构。

[0009] 2005 年 5 月 24 日公布的、题为“具有扭矩调节性能的差动齿轮传动涡轮发动机”的美国专利 NO. US 6895741 公开一种具有三轴的机械齿轮传动发动机。通过应用附加的周转齿轮装置机械地耦合风扇、压缩机、和涡轮轴。通过使用电磁机械和功率转换设备有效齿轮比是可变的。由日本的 Toyada Machine Works Ltd. 制造的扭矩传感[Torsen[®]]差速器是一种无电子控制装置、离合器或粘性耦合装置的机械装置。已知该Torsen[®]差速器是用于所有车轮驱动车辆的。当发动机扭矩相等地分配到所有车轮时,该差速器是开放的。如果一或几个车轮开始失去牵引力,则该扭矩差速器使得Torsen[®]差速器中的齿轮啮合。典型地设计Torsen[®]具有这样的齿轮比或位移比,该齿轮比确定作用到牵引车轮的扭矩相对于作用到打滑车轮的扭矩的大小。Torsen[®]差速器典型地用于所有车轮驱动车辆中前后车轮之间的传输功率。该Torsen[®]差速器实际在打滑出现之前传输扭矩到稳定的车轮。

[0010] 因此,所需要是为耦合发动机中以预估速度旋转的多轴的系统以引出功率。

发明内容

[0011] 本发明涉及在涡轮扇发动机中的若干个旋转机械之间可变化地传输机械扭矩的系统。该系统耦合涡轮扇发动机内以不同速度旋转的旋转轴以便可控制地在它们之间传输功率。为了在系统中传输功率,通过将较高和较低速度的发动机轴耦合到磁性齿轮箱而获得固定的齿轮比。然后可以在周转齿轮系内使用扭矩传感机构以从 LP 转子到 HP 转子传输功率,因而降低从 HP 转子的需要的功率引出。另外可以使用取决于行星齿轮箱的特性的磁性装置代替周齿轮箱。这一装置提供去除机械地耦合发动机转子需要的优点。此控制的功率传输对于从发动机引出增加的机械功率的量,或者在增强动态发动机性能方面,可能是特别有利有。由于完全由磁力在发动机转子与辅助负荷之间传输功率,因此存在机会以解耦任何或所有负荷以适合操作的要求。为了发动机的起动可以从 LP 转子解耦 HP 转子,作为一个例子,或者可以解耦转子以便通过去除其它部件的耦合惯性以增加瞬时的响应。在优选实施例中,提供附加的齿轮传动以便允许操作性的整个范围。本发明的另一优点是完成发动机轴之间可变化的功率传输而没有发动机轴之间的机械连接。

[0012] 本发明还涉及一种为可变地耦合涡轮扇发动机的高压转子与低压转子以驱动发电机的方法。该方法包括以下步骤:提供差速器齿轮部分和电磁可变变速器;将电磁可变变速器与高压转子和低压转子耦合;以及通过 EVT 可控制地在高压转子和低压转子之间传递扭矩。所述方法还包括以下步骤:在高压转子与低压转子之间将差速器齿轮部分并联地与电磁可变变速器连接;平衡高压转子的旋转速度、低压转子的旋转速度、以及差速器齿轮部分的输出轴的输出的速度;及通过机械耦合发电机到输出轴而驱动发电机。

[0013] 在另一方面本明涉及燃气涡轮发动机。该涡轮发动机包括压缩机、燃烧室、串联流动连通安排并绕环形外壳内发动机的纵轴设置的高压涡轮和低压涡轮。在工作过程中,由高压涡轮和低压涡轮以及压缩机空气驱动压缩机。还设置可变化的耦合器部分以将高压转子和低压转子耦合以驱动涡轮发动机的发电机。该可变化的耦合器部包括具有第一输入部

分、第二输入部分、输出轴的差速器齿轮部分。电磁可变变速器具有可独立地旋转的内转子部分和可独立地旋转的外转子部分。该内转子部分既与高压转子耦合也与低压转子耦合，同时外（转子）部分连接到其余的转子，以便在高压转子与低压转子之间传递扭矩。差速器齿轮部分在高压转子与低压转子之间并联地与电磁可变变速器连接。发电机机械地耦合到输出轴。设置差速器齿轮部分以平衡高压转子、低压转子、以及输出轴的输出速度以驱动发电机。设置电磁可变变速器（EVT）以便可控制地将功率从低压转子耦合到高压转子。

[0014] 可以将本发明放置在发动机舱或壳体的内部或外部。尽管结合涡扇发动机描述本发明的可变磁性齿轮箱，但是在本发明的范围内考虑将可变磁性耦合应用到任何要求可变扭矩传递的机械设备，例如，混合的汽车变速器。

[0015] 在本发明某些情况中，也可能希望将额外的功率耦合到 HP 转子上。当从 LP 转子到 HP 传输功率并使之可能时，可构形功率分离更多地向着 HP 转子。这可能导致负荷处的较低速度范围。为了实现此附加耦合的机构及其益处都处在本发明的范围以内并在下面更详细说明。

[0016] 为了耦合额外功率到 HP 转子的一种公开的系统使用电磁可变变速器（EVT）。该 ETV 允许从 LP 转子到 HP 转子的可控制的扭矩耦合，当从 HP 转子添加的功率是需要时。通过提供此功能，可以选择开放式差速器的比率以偏置功率引出更多地从 HP。也可以用行星齿轮箱（PGB）代替开放式差速器，因为 PGB 完成分离扭矩和速度的相同功能。这样，减小差速器输出（或 PGB 传输器）的速度范围。依次，这就允许发电机的尺寸定得更合适，同时连接的功率系统的电力工作频率也更合适。这就能使使用要求有较小系统的 EVT 成为可能。

[0017] 耦合额外功率到 HP 转子的另一种方法是通过应用有限滑动差速器。在传统的汽车应用中，有限滑动差速器通过提供额外扭矩到较慢的车轮（并小于较快的车轮），防止车轮速度的偏离大于预想的量。这有助于确保传输到二车轮的功率保持在要求的范围内。同样的原理应用在本发明中，在那里 HP 转子和 LP 转子到差速器的输入速度是这样的，即在某些发动机工作状态中差速器的滑动限制机构啮合并更强地从 HP 转子偏置扭矩传递。提供这种扭矩偏置的一种系统是 Torsen™ 差速器。该 Torsen™ 差速器部分地取决于摩擦使用推力板传递扭矩，但是它不需要离合器或摩擦盘，该盘典型地受到较高的磨损率。

[0018] 本发明允许从可组合的和动态系统中的涡扇发动机的任意发动机转子引出功率。它还比为可能的更小的发电机系统提供可能以从 LP 转子涡轮引出功率。此处，本发明在飞行器构架电功率系统设计中提供较大的容量，同时最小化对发动可操作性的影响。耦合来自 LP 转子涡轮与 HP 转子涡轮扭矩二者的扭矩提供对功率引出问题的解决办法。此外，使用具有差速器（或 PGB）的扭矩耦合系统能使不同尺寸与型号的机械有互操作性。此外，EVT 装置的应用允许扭矩的控制耦合，而没有 HP 转子与 LP 转子涡轮之间的任何机械接触。本发明的滑动限制差速器能使扭矩偏置以进一步改善负荷处的工作速度范围。

[0019] 从以下优选实施例的更详描述，以举例方式，结合说明本发明原理的附图而进行的，本发明的其它特征与优点将是显而易见的。

附图说明

[0020] 图 1 是示范的飞行器涡扇燃气涡轮发动机的示意的纵剖视图。

[0021] 图 2 是描述 ETV 装置的功率流程图，以在发动机转子之间偏置扭矩同时分配功率

到发电机。

[0022] 图 3 是在发本明的 Torsen 差速器局部视图。

[0023] 图 4 是电磁可变变速器的横剖面示意图。

[0024] 在任何可能的地方,贯穿整个附图将使用相同的标号表示相同或相像的零件。

具体实施方式

[0025] 图 1 中表示的是示范的涡扇发动机 10,具有通常轴向延伸的轴线或中心线 12,通常以向前的方向 14 和向后的方向 16 延伸。涵道涡扇发动机 10 包括核心发动机 18(也称为气体发生机),该气体发生机包括高压压缩机 20、燃烧室 22、和高压涡轮 (HPT) 23,它具有一排高压涡轮叶片 24,所有的设置成串联、轴向流动的关系。高压压缩机 20 的高压压缩机叶片 64 由一较大直径环形核心发动机轴 26 以驱动的啮合固定地连接到高压涡轮叶片 24,该核心发动机轴绕发动机 10 的中心线 12 同轴设置以形成高压转子 21。

[0026] 核心发动机 18 中的燃烧室 22 将来自高压压缩机 20 的压力空气与燃料混合并点火产生的燃料与空气的混合物以产生燃烧气体。由高压涡轮叶片 24 从这些气体引出某些功,该叶片驱动高压压缩机 20。从核心发动机 18 排放该燃烧气体进入功率涡轮或低压涡轮 (LPT) 27,该涡轮具有一排低压涡轮叶片 28。该低压涡轮叶片 28 固定地安装到较小直径的环状低压轴 30,该轴绕核心发动机轴 26 内的发动机 10 的中心线同轴地设置形成低压转子 29。该低压轴 30 旋转轴向地分隔开发动机风扇部分 35 的第一与第二级风扇 31 与 33。该第一与第二级风扇 31 与 33 包括通常径向地向外延伸并分别地圆周向分隔开第一与第二级风扇叶片 32 与 36 的第一和第二级排。

[0027] 风扇旁路管道 40 包围第二级风扇 33 和核心发动机 18。从低压涡轮 27 排放中心排放空气流 170 以便与经过后面可变面积的旁路喷射器 (VABI) 53 从风扇旁路管道 40 排放的旁路空气流 178 混合。混合发生在尾管道 69 中,在该管道中形成排入气流,该气流经可变面积排气喷咀 122 被排放。可以使用可选择的后燃烧器 130 的增加发动机 10 的推力势能。

[0028] 其次参照图 4,电磁可变变速器 (EVT) 包括空心的圆柱形外转子部分 114 和空心的圆柱形内转子部分 112。该内转子部分 112 被放置在外转子部分 114 的中心孔内。该转子部分 112、114 是互相独立地可旋转。该内转子部分 112 在外转子部分 114 内可独立地旋转。该外转子部分 114 可独立地圆周地绕内转子部分 112 旋转。该外转子部分 114 具有若干个绕内或第一表面 120 分隔开的永久磁铁对 118。该磁铁 118 构形成对并面对空气隙。该空气隙置于外转子部分与内转子部分之间。外和内转子部分的另一个具有若干绕磁性可渗透芯子部分分隔开的槽。该外转部分与内转子部分可在一个方向同步地旋转。响应外转子部分与内转子部分的共同旋转,在若干个永久磁铁对、空气间隙和内转子部分芯子之间产生磁流通路。该磁流通路在线圈中感应电功率并造成要在内转子部 112 与外转子部分 114 之间传输的机械功率。

[0029] 在当前二旋转轴之间的扭矩传递是通过该二轴之间无任何机械连接的旋转电磁场实现的。感应场电流是产生电磁场需要的全部。

[0030] 该电磁可变变速器 (ETV) 110 包括二个旋转部件,一个内转子 112 和一个外转子 114。该内转子 112 和外转子 114 二者在同一方向绕共同轴线旋转。该内转子 112 具有多

个面向外转子 114 的内表面 120 的永久磁极对 118。转子芯 128 在结构上类似于外流式 PM 电机中的永久磁铁 (PM) 转子。EVT 的更详细说明在美国专利申请 (尚未获得) 中陈述, 该专利授予发本明的代理人并与此同一日期申请的, 此外通过参考其全部内容包括该专利。

[0031] 参照图 2, 将差速器或行星齿轮组 50 连接到发动机 10 的 HP 转子 52 和 LP 转子以便能在该二转子之间的要求的比率分配功率。与差速器与行星齿轮组 50 并联, 是当需要时电磁可变变速器 (ETV) 可控制地将功率从 LP 转子 52 耦合到 HP 转子 54。然后该差速器 50 被耦合到发电机 58 以产生功率。对于给定的发动机工作状态, 从每个转子 52、54 引出的功率可以根据在差速器齿轮箱 50 处应用的各个速度分开。例如: 若 HP 转子 54 的速度是 10000 转 / 分, 而 LP 转子 52 的速度是 1000 转 / 分, 在齿轮传动之后 HP 转子 54 的速度以 2 : 1 的比率下降而 LP 转子 52 的速度以 5 : 1 的比率升高, 则在差速器 50 二相对的输入 62、64 处的最终速度将是 5000 转 / 分, 同时该差速器支架也将是 5000 转 / 分。由于负荷被施加到差速器输出, 所以扭矩跨越差速器输入相同地分开同时由于相对的输入在速度上匹配, 所以每一个引出的功率是相等的。随着发动机 10 改变状态, 因而 HP 转 54 与 LP 转子 52 之间的功率分开也改变。由差器输出供给的负荷既可以是电的也可以是机械的负荷。当出现发动机速度增加时, 具有较大相对速度化的转子将得到负荷的较大分配。尽管它对于承受较大负荷分配的一个转子可能不是优化的, 但负荷传递是这种装置的一个必要特性。齿轮组 50 采用齿轮系, 该轮系以基于其相对尺寸的固定速度关系工作, HP 和 LP 齿轮的尺寸是不同的以便实现要求的速度比。每个轴上的扭矩必须相等以保持稳态工作。由于功率等于扭矩乘速度, 所以传递到每个轴上的总功率正比于该轴自转的速度。以相同的扭矩在比较高速度时轴自转必定传递较大功率。这可称之为“速度分离”装置而不是“功率分离”装置。这一耦合也减轻从 LP 转子 52 放出功率的问题, 该 LP 转子通常具有很宽的速度范围。转子 52、54 之间的宽的速度变化造成在设计发电机和动力系统以适应不同速度和速度范围中的难度。耦合 HP 转子 54 与 LP 转子 52 的另一装置是机械离合器或粘性耦合机构。粘性耦合器包括在密封壳体内具有两组板, 该壳体充满粘稠流体。板的一组连接到输出轴的每一个。在正常状态下两组板和粘性流体以相同速度自转。当一转子比另一转子较快地自转时, 该组板对应于比另一转子较快地自转的转子。在板之间粘附加的粘性流体试图追上较快的盘, 拖着较慢的盘一起。这就传递更大扭矩到较慢运动的转子。

[0032] 此外, 发电机和动力系统更有效地在和推荐较低的速度范围工作 (即, 最大速度对最小速度之比)。HP 转子 54 与 LP 转子 52 的机械耦合能够平均二转子的速度和速度范围。例如, 若 LP 转子 52 具有 4 至 1 的速度范围而 HP 转子 54 具有 2 至 1 的速度范围, 则负荷的最终速度范围将是 3 至 1。这能使较小和较简单的发电机用作负荷而不试图设计发电机或动力系统以适应较宽的速度范围, 也通过使用简单的行星齿轮箱 (未表示) 实现此齿轮耦合, 在该处使行星式的太阳和环齿轮在齿轮尺寸与节距上相同。对这种行星齿轮组, 一种可能的装置包括啮合到太阳齿轮的转子和啮合到环齿轮的另一转子, 以及啮合负荷的托架。当使用行星啮轮组时, 从转子的要求的输入齿轮比将是不同的, 但是, 可以满足与齿轮耦合完全相同的数学条件。

[0033] 图 3 表示 **Torsen**[®] 差速器齿轮箱 50 的局部视图。该差速器齿轮箱 50 被耦合到 HP 转子 54 与 LP 转子 52 以分配功率。设置轴 60 以便从差速器运行到发电机 (未表示)。该差速器 50 允许 HP 转子 54 和 LP 转子变换它们的速度到差速器并平均二转子 52、54 的速

度以产生更有效工作的机械 10。

[0034] 尽管已经参照优选实施例描述了本发明,但技术人员要理解,可以完成各种变化同时等效体可以替代其部件而不偏离本发明主要的范围。此处,可以进行许多修改以适合本发明指出的情况与材料而不偏离其主要范围。因此,试图不将本发明局限于作为想要施本发明的最佳模式公开的特殊实施例,但是本发明将包括处于所附权利要求范围内的所有实施例。

[0035] 部件列表

- [0036] 10 涡扇发动机
- [0037] 12 中心线
- [0038] 14 向前的方向
- [0039] 16 向后的方向
- [0040] 18 核心发动机
- [0041] 20 高压压缩机
- [0042] 21 高压转子
- [0043] 22 燃烧室
- [0044] 23 高压涡轮 (HPT)
- [0045] 24 高压涡轮叶片
- [0046] 26 核心发动机轴
- [0047] 27 低压涡轮 (LPT)
- [0048] 28 低压涡轮叶片
- [0049] 29 低压转子
- [0050] 30 低压轴
- [0051] 31 第一级风扇
- [0052] 32 第一级风扇叶片
- [0053] 33 第二级风扇
- [0054] 35 发动机风扇部分
- [0055] 36 第二级风扇叶片
- [0056] 40 风扇旁路管道
- [0057] 58 发电机
- [0058] 60 Torsen 轴
- [0059] 62 第一差速器输入
- [0060] 64 第二差速器输入
- [0061] 69 尾管
- [0062] 110 电磁可变变速器 (ETV)
- [0063] 112 内转子部分
- [0064] 114 外转子部分
- [0065] 118 永久磁铁极对
- [0066] 120 第一内表面
- [0067] 122 可变面积排气喷咀

- [0068] 128 转子芯
- [0069] 130 后燃烧器
- [0070] 170 中心排放空气流
- [0071] 178 旁路空气流。

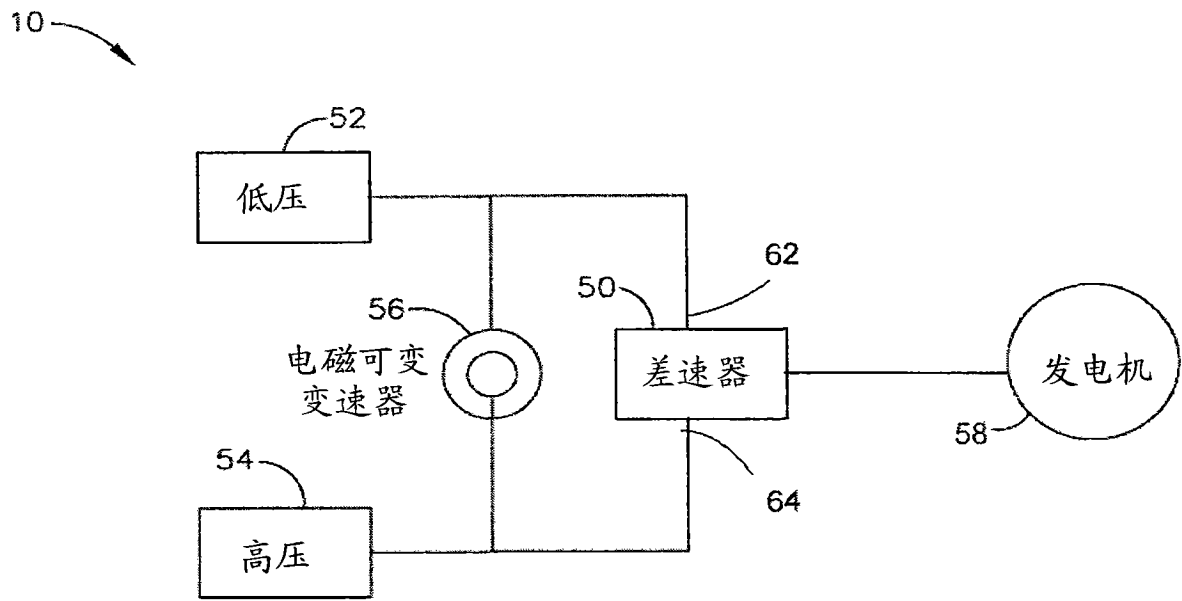


图 2

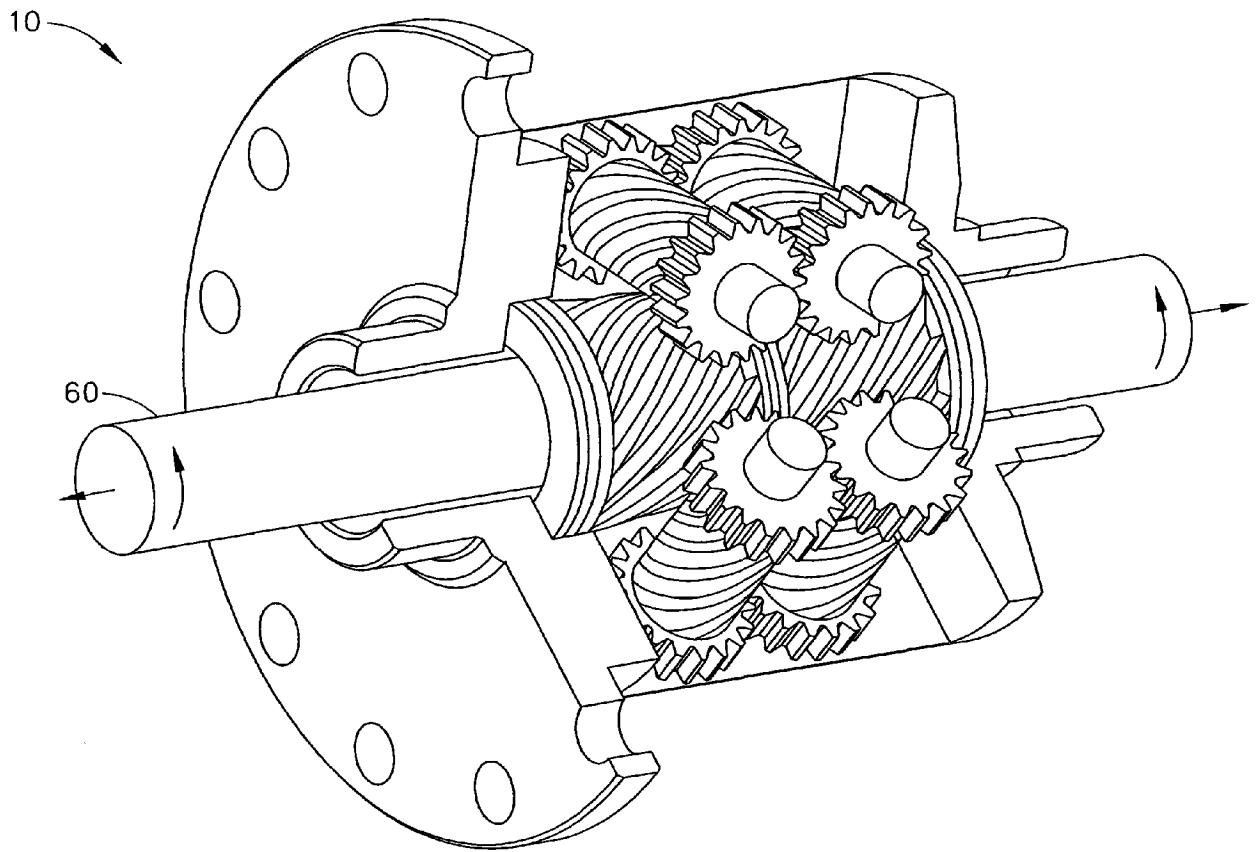


图 3

