



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109803891 A

(43)申请公布日 2019.05.24

(21)申请号 201780062126.3

(74)专利代理机构 北京市柳沈律师事务所
11105

(22)申请日 2017.09.14

代理人 彭程

(30)优先权数据

102016219680.4 2016.10.11 DE

(51)Int.Cl.

B64D 27/24(2006.01)

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

B64D 33/08(2006.01)

2019.04.08

B64D 37/34(2006.01)

(86)PCT国际申请的申请数据

H02K 9/19(2006.01)

PCT/EP2017/073071 2017.09.14

(87)PCT国际申请的公布数据

W02018/068979 DE 2018.04.19

(71)申请人 西门子股份公司

地址 德国慕尼黑

(72)发明人 M. 菲利彭科 M. 弗兰克

T. 格莱克斯纳 J. 里克特

P. 范哈塞尔特

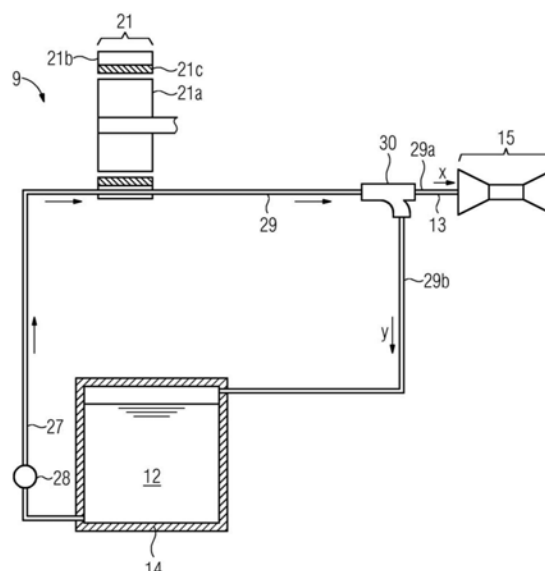
权利要求书1页 说明书7页 附图4页

(54)发明名称

用于具有内燃机和燃料箱的交通工具的驱动系统

(57)摘要

本发明提供一种用于交通工具、尤其是飞行器(1)的驱动系统(9),所述驱动系统包括内燃机(15),用于将存储在液体的燃料(12)中的化学能转化为机械能;燃料箱(14),用于为内燃机(15)供给燃料(12);和电机(11、21),所述电机具有转子(11a、21a)和定子(11b、21b)以及冷却系统,所述冷却系统用于借助冷却液(12)冷却所述电机(11、21)的至少一个组成部分(11c、21c),其中,所述冷却系统设计用于将内燃机(15)的燃料(12)用作电机(11、21)的冷却液。此外提供一种具有这种驱动系统的交通工具(1)以及一种用于冷却这种驱动系统(9)中的电机(11、21)的方法。



1. 一种用于交通工具、尤其是飞行器(1)的驱动系统(9),所述驱动系统包括
 - 内燃机(15),所述内燃机用于将存储在液体的燃料(12)中的化学能转化为机械能,
 - 燃料箱(14),所述燃料箱用于为内燃机(15)供给燃料(12),
 - 电机(11、21),所述电机具有转子(11a、21a)和定子(11b、21b)以及冷却系统,所述冷却系统用于借助冷却液(12)冷却所述电机(11、21)的至少一个组成部分(11c、21c),其中,所述冷却系统设计用于将内燃机(15)的燃料(12)用作电机(11、21)的冷却液。
2. 按权利要求1所述的驱动系统(9),其中,所述燃料(12)是煤油。
3. 按权利要求1或2所述的驱动系统(9),其中,所述电机(11、21)具有至少5kW/kg的功率密度和/或至少5MW的额定功率。
4. 按前述权利要求之一所述的驱动系统(9),其中,所述内燃机(15)具有气体膨胀式涡轮(16)和涡轮轴(18),其中,所述气体膨胀式涡轮(16)设计用于将所产生的机械能传递到所述涡轮轴(18)上。
5. 按前述权利要求之一所述的驱动系统(9),其中,所述电机(11、21)设计为发电机(21),以便将由内燃机(15)产生的机械能转化为用于驱动交通工具(1)的电能。
6. 按权利要求1至4之一所述的驱动系统(9),其中,所述电机(11、21)设计为电动机(11),以便电气地驱动交通工具(1)。
7. 按前述权利要求之一所述的驱动系统(9),其中,所述电机(11、21)具有至少一个线圈绕组(11c、21c),所述至少一个线圈绕组设计为能够通过冷却液(12)冷却。
8. 按前述权利要求之一所述的驱动系统(9),其中,所述冷却系统包括冷却剂流入管道(27),所述冷却剂流入管道设计用于将燃料(12)从燃料箱(14)导引至电机(11、21)的待冷却的区域(11c、21c)。
9. 按前述权利要求之一所述的驱动系统(9),其中,所述冷却系统包括第一冷却剂流出管道(29a),所述第一冷却剂流出管道设计用于将被电机(11、21)加热的燃料(12)至少部分地导引至内燃机(15)。
10. 按前述权利要求之一所述的驱动系统(9),其中,所述冷却系统包括第二冷却剂流出管道(29b),所述第二冷却剂流出管道设计用于将被电机(11、21)加热的燃料(12)至少部分地导引回燃料箱(14)。
11. 一种交通工具、尤其是飞行器(1),所述交通工具具有按前述权利要求之一所述的驱动系统(9)。
12. 一种用于冷却按权利要求1至10之一所述的驱动系统(9)中的电机(11、21)的方法,所述方法具有下列步骤:
 - 从燃料箱(14)向冷却系统中馈入燃料(12)并且将所述燃料(12)用作冷却电机(11、21)的至少一个组成部分(11c、21c)的冷却液。
13. 按权利要求12所述的方法,其中,将燃料(12)用作冷却液之后接着将被电机(11、21)加热的燃料(12)的至少一部分馈入内燃机(15)中。
14. 按权利要求13所述的方法,其中,将被电机(11、21)加热的燃料(12)仅有一部分(x)馈入内燃机(15)中并且将其余的部分(y)导引回燃料箱(14)中。
15. 按权利要求14所述的方法,其中,通过调节装置(31)调节被电机加热的燃料的、导入内燃机(15)的份额(x)。

用于具有内燃机和燃料箱的交通工具的驱动系统

[0001] 本发明涉及一种用于交通工具、尤其是飞行器的驱动系统,所述驱动系统包括

[0002] -用于将存储在液体燃料中的化学能转化为机械能的内燃机,

[0003] -用于为内燃机供给燃料的燃料箱和

[0004] -具有转子和定子以及冷却系统的电机,所述冷却系统用于借助冷却液冷却电机的至少一个组成部分。

[0005] 本发明还涉及一种具有该种驱动系统的交通工具、尤其是飞行器以及一种用于冷却该种驱动系统中的电机的方法。

[0006] 在传统的设计用于驱动交通工具的电机中,在运行中必要的冷却通常由冷却系统实现,冷却液通过所述冷却系统泵送入电机的待冷却的区域中。这些冷却液通常尤其通过电机的定子泵送。冷却液在此在封闭的冷却循环中循环并且在此在空间远离电机的位置上又被冷却回到或再冷却到更低的温度。为此通常使用热交换器,以便将冷却液在电机的区域中吸收的热量散热至其他的介质、例如环境空气中。

[0007] 在具有直接式绕组冷却装置的电机中,冷却剂直接与待冷却的绕组、例如定子绕组接触。冷却介质为此必须是电绝缘的,因此为此一般排除基于水的冷却液。对冷却液的其他要求为在高比热容的同时具有低粘度,以便能够在低的压力损失的同时实现高的传热系数。根据现有技术例如使用3M公司的品牌名称为Novec 7500的液体,所述液体由氢氟醚 $C_7F_{15}OC_2H_5$ 构成。该液体是电绝缘的并且在 $25^{\circ}C$ 时具有 $1.13kJ/kg \cdot K$ 的比热容以及 $0.77mm^2/s$ 的动力粘度。由于所述液体还是不可燃并且不易燃的,因此所述液体良好地适用于在电机中冷却绕组。根据现有技术,这些不可燃的并且不易燃的冷却液一般用于电机的冷却,以避免附加的潜在风险。

[0008] 使用这种传统的冷却液不利的是,首先在电机功率较高时在冷却循环中需要相对较大的冷却剂体积以实现对电机有效的冷却。由此增加了电机的总重量,这对电机的功率密度产生了负面影响。此外这些冷却剂体积必须与其它的介质、例如环境空气良好地热耦,以便将冷却介质持久地保持在对于电机的冷却适宜的温度范围中。为此通常需要使用额外的热交换器结构,所述热交换器结构同样增加了电机的总重量。

[0009] 因此本发明所要解决的技术问题在于,提供一种用于交通工具、尤其是飞行器的克服了所述缺点的驱动系统。尤其应当提供一种具有电机的驱动系统,在所述驱动系统中,用于冷却电机的冷却系统对电机的总重量的增长仅具有少量的贡献。本发明所要解决的其他技术问题在于,提供一种具有这种驱动系统的交通工具和用于在这种驱动系统中冷却电机的方法。

[0010] 所述技术问题通过权利要求1所述的驱动系统、权利要求11所述的交通工具和权利要求12所述的方法解决。

[0011] 按照本发明的驱动系统设计为用于交通工具的驱动系统。所述驱动系统具有用于将存储在液体的燃料中的化学能转化为机械能的内燃机。所述驱动系统还具有用于为内燃机供给燃料的燃料箱。此外所述驱动系统还具有带有转子和定子的电机以及用于借助冷却液冷却所述电机的至少一个组成部分的冷却系统。在此,所述冷却系统设计用于将内燃机

的燃料用作电机的冷却液。

[0012] 换言之,在所述驱动系统中用于内燃机的液体燃料和电机的冷却液是相同的。电机在此可以是指电动机或者发电机或者为所述两种运行方式设计的机器。驱动系统尤其可以既包括发电机也包括电动机,其中至少一个电机由作为冷却液的燃料冷却。驱动系统整体上基于首先在内燃机中由燃料的能量产生机械能。这些机械能能够在发电机中转化为电能,所述电能接着被电动机用于驱动交通工具。以此方式尤其提供了完全的电气的驱动,所述驱动的电能在交通工具中从燃料中获取。

[0013] 通过按照本发明的特征实现了,在没有附加的冷却液在此造成重量附加地增加的情况下有效地冷却电机。取代附加的冷却液将获取能量时原本所需的燃料用作冷却液。也就是指协同效应,在所述协同效应中相同的液体能够履行两种分开功能,由此,与现有技术相比能够在整体上提高驱动系统的功率密度。特别优选地,除了液体的燃料之外完全不使用其它用于冷却位于交通工具上的电机的液体的冷却剂。特别有利的是,能够通过作为冷却液的燃料既冷却发电机也冷却电动机。尤其能够以此方式冷却所有这些用于驱动的发电机和电动机。对于本发明重要的仅在于,至少一个位于交通工具上的电机至少部分地由燃料冷却。

[0014] 用于驱动飞行器的燃料的优点在于,所述燃料是电绝缘的并且具有高比热容。所述燃料由此例如类似于前述的Novec 7500适用于冷却电机、尤其适用于直接地冷却绕组。此外所述燃料具有足够低的粘度和在运行温度中足够低的蒸汽压力以及足够高的导热率。相比于用于电机的传统的冷却液,燃料原则上既是可燃的也是易燃的。因此所述燃料由于典型的特性不能用作这些电机的冷却液。由于在飞行器上原本已经存在体积可观的燃料,因此将其用作冷却液不会附加地产生风险来源。仅仅必须通过结构设计方面的措施防止在待冷却的电机区域中提高产生火花的风险。冷却液在电机中的运行温度在此尤其可以处于 -45°C 至 120°C 的范围中。

[0015] 燃料并且由此冷却液在此原则上能够理解为驱动系统的一部分,或者所述驱动系统为使用这种燃料而设计。

[0016] 按照本发明的尤其设计为飞行器的交通工具配备有按照本发明的驱动系统。按照本发明的方法用于在按照本发明的驱动系统中冷却电机。所述方法至少具有下列步骤:

[0017] -从燃料箱向冷却系统中馈入燃料并且将所述燃料用作冷却电机的至少一个组成部分的冷却液。在此产生了按照本发明的交通工具和按照本发明的方法的与前述的按照本发明的驱动系统类似的优点。

[0018] 本发明的有利的设计方案和扩展设计由权利要求1和12的从属权利要求以及以下的阐述得出。在此,驱动系统、交通工具和用于冷却的方法的所阐述的设计方案一般能够有利地相互结合。

[0019] 燃料特别有利地可以是煤油。煤油与此相关地理解为航空燃气涡轮发动机燃料、例如型号为Jet A-1、Jet B、TS-1或者JP-1至JP-8或者类似的针对该使用目的指定的轻的燃料。煤油有利地具有相对较高的比热容和导热率以及低的粘度。

[0020] 因此燃料的比热容在 25°C 时一般有利地是至少 $1.5\text{kJ}/\text{kg}\cdot\text{K}$ 、尤其是至少 $1.7\text{kJ}/\text{kg}\cdot\text{K}$ 或者甚至是至少 $2.0\text{kJ}/\text{kg}\cdot\text{K}$ 。燃料的动力粘度在 25°C 时一般可以有利地处于最高 $3\text{mm}^2/\text{s}$ 、尤其是最高 $2\text{mm}^2/\text{s}$ 的范围中。燃料的导热率有利地可以是至少 $0.1\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$ 、尤其处于

0.1至0.15W/m·K之间。煤油有利地符合这些数值范围。

[0021] 电机优选具有至少5kW/kg的功率密度。功率密度特别优选是至少10kW/kg或者甚至是至少20kW/kg。作为给出的功率密度的备选方案或者附加方案,所述电机可以优选具有至少5MW、尤其是至少10MW或者甚至是至少20MW的额定功率。上述的有利的范围与对应本发明冷却的电机是驱动系统发电机还是电动机无关地适用。额定功率和功率密度的所述的范围满足对商用的电气地驱动的飞行器的通常的要求。

[0022] 用于这种电气地驱动的工具的燃料箱的体积可以有利地是至少1m³、尤其是至少5m³或者甚至是至少20m³。这种大的体积对于驱动小型至中型飞行器是必要的。本发明的优点在这种大的燃料体积中特别有利,因为大量的能够同时用作冷却电机的冷却液液体的燃料可供使用。

[0023] 内燃机优选可以具有气体膨胀式涡轮和涡轮轴,其中,所述气体膨胀式涡轮设计用于将产生的机械能传递至涡轮轴。该涡轮轴能够适宜地与发电机的转子轴传递转矩地耦连,以便将机械能传递至发电机的转子上。因此能够在整体上通过在发电机中产生机械能的中间步骤将燃料的化学能转化为电能。

[0024] 作为所述的具有气体膨胀式涡轮的实施形式的备选方案,内燃机原则上也可以不同地设计。重要的仅仅是,所述内燃机适用于将存储在燃料中的化学能转化为机械能。因此例如也可以是活塞式发动机。

[0025] 按照本发明的能够通过燃料冷却的电机尤其可以设计为发电机。该发电机可以设计用于将由内燃机产生的机械能转化为用于驱动交通工具的电能。通过作为冷却液的燃料冷却发电机是特别有利的,因为内燃机和燃料适宜地与发电机空间相邻地布置,原因是机械能原本就必须通过轴从内燃机向发电机传递。通过这种空间相邻的布置也使得在发电机附近也存在作为冷却剂的燃料。由于产生用于驱动所必须的电能需要一个或者更多的大功率发电机,因此始终存在对高效率的冷却系统的需求。

[0026] 在这种设计方案中驱动系统适宜地附加地具有用于通过发电机产生的电能电气地驱动交通工具的电动机。该电动机可以选择性地同样通过作为冷却剂的燃料冷却。所述电动机在原则上也可以备选地以其它方式、例如通过不同的液态的和/或气态的冷却剂冷却。

[0027] 按照本发明的能够通过燃料冷却的电机备选地也可以设计为电动机。该电动机尤其可以设计用于电气地驱动交通工具、尤其是飞行器。驱动系统适宜地附加地具有发电机,以便将内燃机产生的机械能转化为用于驱动交通工具的电能。该发电机可选地同样能够通过作为冷却剂的燃料冷却。所述发电机备选地在原则上也能够以其它方式、例如通过不同的液态的和/或气态的冷却剂冷却。

[0028] 电机的待冷却的组成部分优选可以是电机的定子中的定子绕组。在电机定子绕组的区域中通常释放出非常多的热量,所述热量必须在电机的运行中有效地被冷却,以便避免绕组过热。有效的定子冷却尤其在具有高功率和高功率密度的电机中是艰难的挑战。

[0029] 电机优选具有至少一个线圈绕组,该至少一个线圈绕组设计为能够通过冷却液冷却。该线圈绕组尤其可以是定子绕组。能够直接冷却的线圈绕组应当理解为能够与冷却液直接接触的绕组。也就是说,线圈绕组能够被冷却剂迎流或者绕流。绕组的电导体本身或者包围所述导体的绝缘层、浸渍层和/或保护层可以与冷却剂直接接触,使得线圈绕组能

够将在运行中产生的热量散热至冷却剂中。重要的是,冷却剂与线圈绕组热耦合不通过附加的导热的冷却结构跨越空间距离地实现,而是制冷剂与线圈绕组的组成部分直接接触。在这种能够直接冷却的绕组中不会由于附加的热传导的构件增加重量。然而原则上也可行的是,通过这种附加的导热的构件将燃料与绕组耦合。如果燃料的介电击穿强度不够高或者所述燃料在运行温度中过于易燃,以至于不能与绕组直接接触,那么这尤其可能是有利的。

[0030] 作为所述的线圈绕组的备选方案,电机的待冷却的组成部分也可以是一个或者多个其它的在运行中加热的组成部分。例如也可以是例如电机的壳体这样的结构构件。

[0031] 电机的冷却系统可以适宜地包括冷却剂流入管道,所述冷却剂流入管道设计用于将燃料从燃料箱导引至电机的待冷却的区域。用作冷却剂的燃料能够通过这种流入管道以简便的方式从燃料箱到达电机的区域中。燃料在此导引通过流入管道,并且有利地避免了易燃的燃料到达电机的其它可能提高产生火花的风险的区域中。能够通过流入管道从燃料箱的相对较大的存储器中提供燃料,在所述存储器中燃料处于相对较低的温度中。在交通工具运行时燃料箱的温度例如在约-45°C至约50°C的范围中,即显著低于电机的待冷却的区域的例如可以在100°C至170°C的范围中的运行温度。冷却系统可以可选地具有泵,以便通过流入管道将燃料运送至电机的待冷却的区域中。

[0032] 冷却系统也可以包括第一冷却剂流出管道,所述冷却剂流出管道设计用于将被电机加热的燃料至少部分地导引至内燃机。通过用作电机的冷却剂,燃料能够在运行中被加热到40°C至120°C之间、尤其是0°C到120°C之间的温度范围中。具有这种输出温度的燃料可以不被稀释地或者与附加地直接从燃料箱中提供的其它燃料混合地在内燃机中转化。这样地预热燃料对于在动力机械中的燃烧可能是有利的,因为在飞行器的燃料箱中恰恰可能由于非常冷的环境空气使得温度对于最佳的燃烧而言过低。如果燃料在冷却电机之后的输出温度对于最佳的燃烧过高,则可以混合燃料箱中的更冷的燃料。为此可以在燃料箱和内燃机之间设置其它的、直接的燃料流入管道。用作冷却剂的燃料和直接从燃料箱馈入的燃料的混合比在此必要时能够通过可以选择性存在的调节单元来调节。这种调节装置可以用于提供预设的和在必要时随时间变化的燃料量,所述燃料量处于预定的并且在必要时随时间变化的温度范围中。

[0033] 冷却系统可以备选地或者附加地包括第二冷却剂流出管道,所述第二冷却剂流出管道设计用于将被电机加热的燃料至少部分地导引回燃料箱中。当用于冷却电机需要的液体流量比在内燃机中转化燃料需要的液体流量更大时,这种第二冷却剂流出管道可能特别是有利的。此外特别是第一和第二冷却剂流出管道的结合是适宜的,以便仅将确定份额的被加热的燃料导入内燃机中并且将剩余的部分导引回燃料箱中。预热的燃料的被这样导引回的剩余部分能够在重新停留在燃料箱的时间段中又被再冷却。与环境(主要是在飞行器在更高的高度中运行时与相对较冷的环境空气)的热交换尤其能够防止储备燃料在整体上过于强烈的升温。在此也可以适宜地设置调节单元,以便能够动态地调节馈入内燃机的被加热的燃料的份额和泵送回燃料箱中的燃料的份额。

[0034] 配设有所述驱动系统的交通工具尤其可以是飞行器。驱动系统的燃料箱可以在这种情况下优选布置在一个或者多个机翼的区域中。当在多个机翼上分布时可以在此将燃料箱分为多个子燃料箱。一般而言,为了通过冷的环境空气实现燃料箱的有效的冷却,在机翼

的区域中的布置结构与本发明相关是有利的。这样燃料能够在燃料箱中整体地保持在低的温度水平中,一般而言,这对于用作冷却剂是适宜的。如果部分被预热的燃料由导引回燃料箱中,则这种冷却结构特别有益于避免长时间地过度加热储备燃料。如果燃料箱布置在机翼的区域中,则机翼和/或燃料箱的壁自身起到向环境空气散发热量的热交换器的作用。燃料箱和/或机翼可以选择性地附加地还具有一个或者多个其它的热交换结构、例如用于改善向环境空气中散热的散热片。

[0035] 在用于冷却电机的方法中可以在将燃料用作冷却液之后接着将通过电机加热的燃料的至少一部分馈入内燃机中。

[0036] 在所述方法的这种变型实施方案中,尤其可以仅将一部分燃料馈入内燃机中,其中,剩余的部分被导引回燃料箱中。在这种变型实施方案中,被电机加热的燃料的导入内燃机中的部分可以选择性地由调节装置调节。与驱动系统的上文中相应地阐述的实施形式类似地产生了所述方法的这种有利的实施方案的优点。

[0037] 以下参照所附的附图根据一些优选的实施例阐述本发明,在附图中:

[0038] 图1示意性地示出了根据本发明的第一实施例的飞行器的视图,

[0039] 图2示意性地示出了根据本发明的第二实施例的驱动系统中的主要的能量流动,

[0040] 图3示意性地示出了根据本发明的第三实施例的驱动系统中的燃料流动并且

[0041] 图4示意性地示出了根据本发明的第四实施例的驱动系统中的燃料流动。

[0042] 图1在示意性的俯视图中示出了根据本发明的第一示例的飞行器1的视图。飞行器1具有机身3和两个机翼5以及分别布置在所述机翼5上的引擎机舱7(Gondeln)。在两个引擎机舱7内布置有两个在此未详细地示出的电动机11,所述电动机与飞行器的驱动装置配合作用。然而原则上也可行的是仅具有一个电动机的驱动装置,所述驱动装置也可以布置在飞行器的其它位置上。同样也可以有两个以上的这种引擎机舱起驱动作用。

[0043] 借助发电机21产生用于电动机11的电流,其中,用于所述发电机21的机械能由内燃机15提供。内燃机15和发电机21两者在该示例中具布置在飞行器1的机身3中。在此从两个燃料箱14输入运行内燃机15所需的燃料,所述燃料箱布置在飞行器1的两个机翼5内。然而也可以考虑的是其它用于燃料箱的位置,并且原则上也仅需要一个燃料箱。如通过两条连接线示意性地表明和以下仍将详细地阐述的那样,燃料通过绕行发电机21而馈入内燃机15中。发电机21通过在此同样未示出的电气供给线路与两个电动机11相连。也可行的是,在飞行器中存在多个这种内燃机和/或发电机。示出的飞行器1是整体上混合动力驱动的飞行器,在其中完全通过电动机11实现驱动,并且在其中,为此所需的在所述飞行器1中的电流由燃料产生。

[0044] 图2中示出了在用于电气地驱动的飞行器的驱动系统9中的能量流动的示意性的视图。该飞行器例如可以类似于图1所示地构造。然而所述飞行器也可以具有与之不同数量和/或布置结构的电动机(多个电动机)、发电机(多个发电机)和燃料箱(多个燃料箱)。如在图2的示意图中箭头所示的那样,能量的流动方向是从左到右。根本的能源载体是液体的燃料12,所述燃料提供在至少一个燃料箱14中。所示的燃料箱14也可以代表多个这样的燃料箱。这类似地也适用于所示的其余构件。燃料12借助燃料输入管道13从燃料箱导引至内燃机15。如下面仍要详细地阐述的那样,按照本发明,这种馈送不是直接地发生,而是至少部分地经过至少一个存在于飞行器中的电机11或者21的待冷却的构件。这在图2的能量流动

示意图中为了简洁性而没有示出。对于图2的示意图重要的是，燃料12在任意时间点馈入内燃机15中，并且该燃料的化学能在那里转化为机械能，并且具体是以内燃机的涡轮轴18的机械转动的形式，所述转动由内燃机右侧部分的转弯的箭头表示。

[0045] 内燃机15具有压缩机19、燃烧室17和气体膨胀式涡轮16。通过压缩机19将空气吸入内燃机15中并且压缩，并且之后在燃烧室17中与置入的并且与空气混合的燃料一起燃烧。产生的热的气体在气体膨胀式涡轮16中膨胀并且在此通过仅示意性地示出的涡轮叶片驱动涡轮轴18。所述涡轮轴与右侧示出的发电机21的转子轴21a耦连以便传递机械能。发电机21包括转子21a和定子21b，其中，转子21a在所示的示例中借助转子轴20能旋转地支承在定子21b内。为了获得在飞行器1中使用的特别轻的发电机21，转子21a和/或定子21b可以有利地配设有一个或者多个超导的绕组。然而也可以使用普通导电的绕组。对于功能方面重要的是，发电机适用于将通过转子轴20馈入的机械能转化为电能。然后所述电能能够通过至少一个电气供给线路23从发电机21导引至飞行器1的至少一个电动机11。该电动机11又在转子轴25上具有定子11b和转子11a，其中，飞行器1的推进力由转子的转动产生。在图2中不考虑通过在驱动系统中附加地将燃料12用作冷却剂产生的附加的能量流。以下结合两个示例阐述燃料流动通过驱动系统的两种不同的可行性。

[0046] 图3根据本发明的示例示意性地例如详细地示出了燃料12流动通过驱动系统9的不同构件。该驱动系统9能够尤其在基本的能量流方面如与图2相关地阐述的那样设计。所述驱动系统在该示例中也包括燃料箱14、发电机21和内燃机15。作为冷却剂的燃料借助泵28从燃料箱14中经由冷却剂流入管道27导入发电机21中。更准确地说，燃料导入发电机21的定子21b中，因此所述燃料与定子绕组21c实现热学的接触。发电机21的该构件在所述发电机的运行中被最为强烈地加热，并且因此应当持续地被冷却，以便避免过热。在所示的示例中为此通过燃料直接冷却绕组。发电机21的转子轴与内燃机15的涡轮轴的机械耦连在图3中未详细示出。结合图3的示意图重要的是如何继续使用由于冷却发电机21而被加热的燃料12：首先预热的燃料12经由共同的冷却剂流出管道29导出发电机。连接在发电机之后的三通阀30将该流出管道29分为第一子管道29a和第二子管道29b。第一子管道将预热的燃料的份额 x 导引向内燃机。该第一子管道29a对应图2所示的燃料输入管道13。第二子管道29b将预热的燃料的剩余的份额 y 导引回燃料箱14中。所述份额 y 在这里与剩余的燃料混合并且能够与所述剩余的燃料一起通过向环境空气散发热量被再冷却。如果至少一个燃料箱（或者多个子燃料箱）如图1所示地布置在机翼5的区域中，那么这种散热是特别有利的。与燃料箱的内容物良好地热耦的大的表面积以及在必要时例如散热片或者类似的其它冷却结构能够附加地促进向环境空气散热。

[0047] 当为冷却电机所需的燃料流大于被内燃机所需的、燃料12的燃料流时，预热的燃料被所述划分成输入内燃机的份额 x 和导引回油箱14中的份额 y 会是有利的。这通过下列的实施例说明：

[0048] 例如可以使用煤油作为燃料12。煤油具有大致43MJ/kg的能量含量。在假设内燃机15的效率为大致50%的情况下，所述内燃机需要燃料流量为约0.5kg/s的煤油以产生10MW的用于发电机的机械驱动功率。在发电机中例如可能产生250kW的损耗功率，所述损耗功率必须通过冷却系统导出。如果允许燃料12在流动通过发电机21时被加热约50K，则需要燃料流量为2.5kg/s的煤油、也就是内燃机15所需的约五倍的量来导出这些损耗。可行的运行模

式也即可以规定, x 是从发电机流出的燃料的量的20%并且 y 对应所述量的80%。

[0049] 图4示出了燃料在按照本发明的驱动系统9中的燃料流动的另一种备选的示例。该驱动系统也可以在基本的能量流方面如图2所示地设计。因此图4示出了多个与图3中的驱动系统相似的构件, 所述构件出于更简洁的原因由相同的附图标记标注。因此图4的驱动系统同样具有燃料箱14、发电机21和内燃机15。与图3类似地, 作为冷却剂的燃料12在此也从燃料箱14中经由冷却剂流入管道27导入发电机21中, 在那里所述发电机的定子绕组21c被冷却。附加地在此还设置有电动机11的转子11b的定子绕组11c的类似的冷却装置。为此在输入管道27中布置有第一三通阀30a, 所述三通阀将燃料流在两个子管道27a和27b之间分开。第一子管道从那里将作为冷却剂的燃料导引向发电机21, 并且第二子管道27b以类似的方式将作为冷却剂的燃料导引向电动机11。在此, 发电机21和电动机11也可以代表多个对应的构件, 所述构件共同地在驱动系统9中贡献能量流并且通过燃料以相似的方式方法冷却。

[0050] 在冷却两个电机21和11之后, 在此被加热的燃料从电机导入流出管道的两个子管道29a和29b中并且接着汇聚到共同的流出管道29中。即在整体上是针对两个不同的电机平行地导引的冷却剂路径。用于冷却的燃料的温度因此对于两个电机是相似的。如果两种电机类型对于冷却的需求是不同的(例如由于针对一种类型使用多个单独的电机), 可以在原则上可以使冷却剂串行地流动通过依次地布置的电机。

[0051] 在此也与图3的示例相似地通过三通阀30b将冷却剂流出管道29中的燃料12分为份额 x 和 y 。份额 x 输入内燃机中, 并且份额 y 返回到燃料箱14中。为了能够在必要时动态地调节这两个份额量, 在三通阀30b处设置有调节装置31。

[0052] 如果预热的燃料的导入内燃机15中的份额 x 的温度仍然过高, 那么也可以附加地将燃料以直接的方式从燃料箱14导入内燃机15中。这种直接的方式的可行方案同样在图4中说明, 也具体地采用直接的燃料输入结构32的形式, 所述燃料输入结构能够借助其它的泵28从燃料箱14的存储器输入更冷的燃料。这种附加的直接的燃料输入结构显然可以用于冷却系统的其它的配置、也就是例如在与图3相似的通过燃料仅冷却电机21和11的其中一个的冷却系统。作为所示的将预热的燃料分为 x 和 y 两个份额的配置的备选方案也可行的是, 将全部预热的燃料馈入内燃机15中并且在此尤其允许燃料由于冷却电机更强烈地被加热。为了达到燃料在内燃机中预设的温度范围, 则可以在馈入内燃机之前与直接从燃料箱输入的燃料的份额混合。在此也可以使用具有调节装置三通阀, 以便在预设的范围中调节温度。

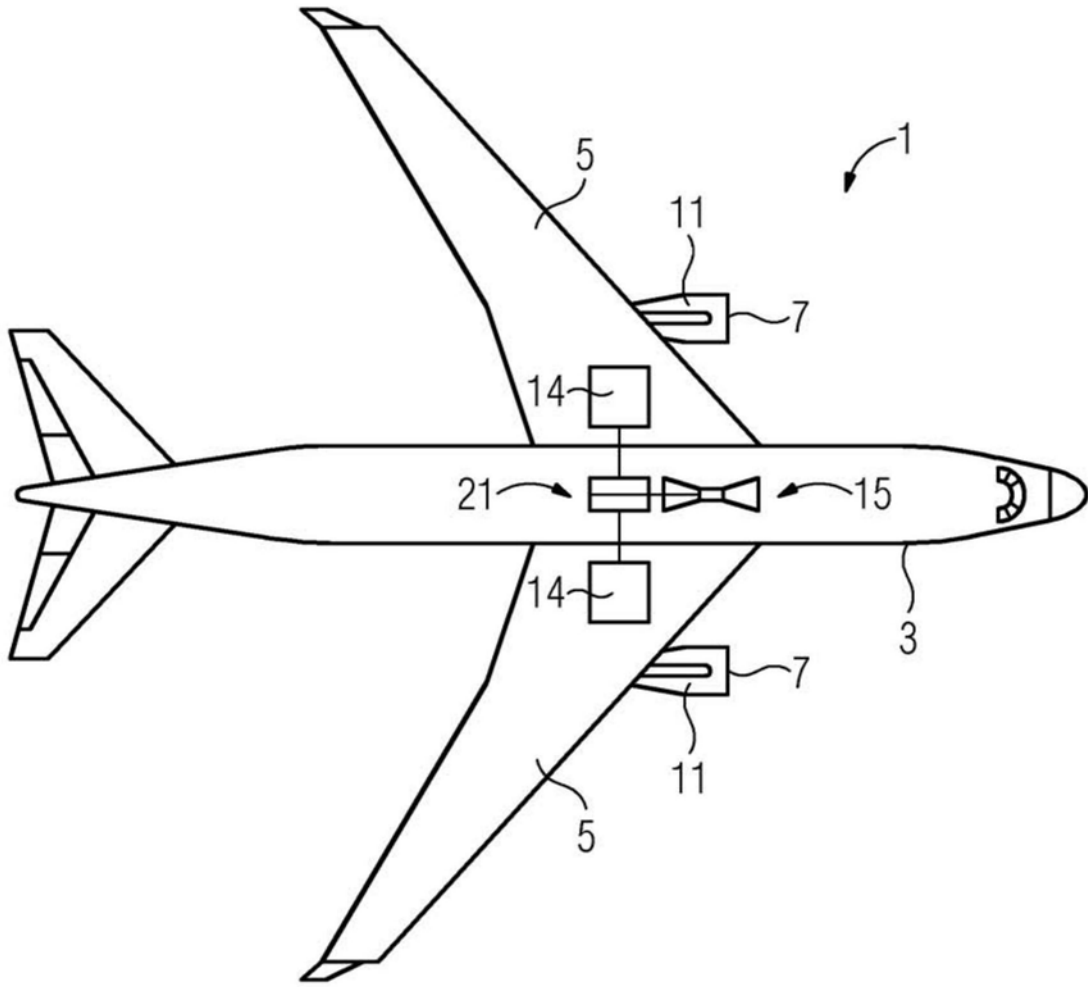


图1

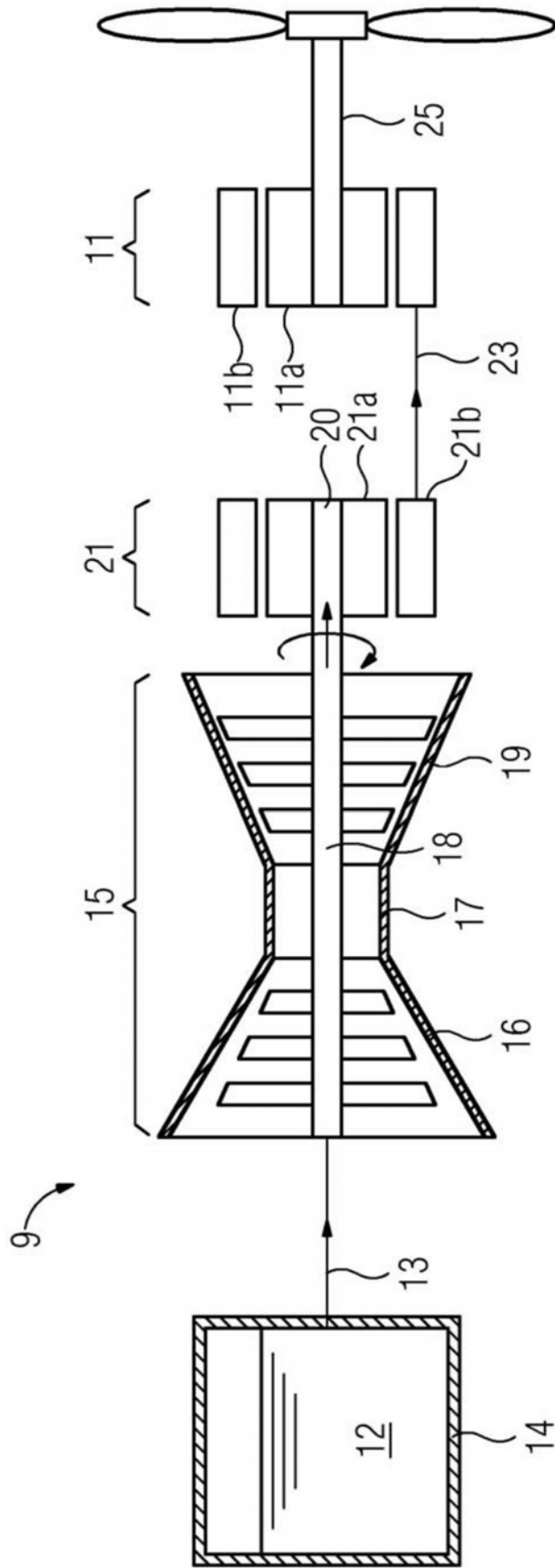


图2

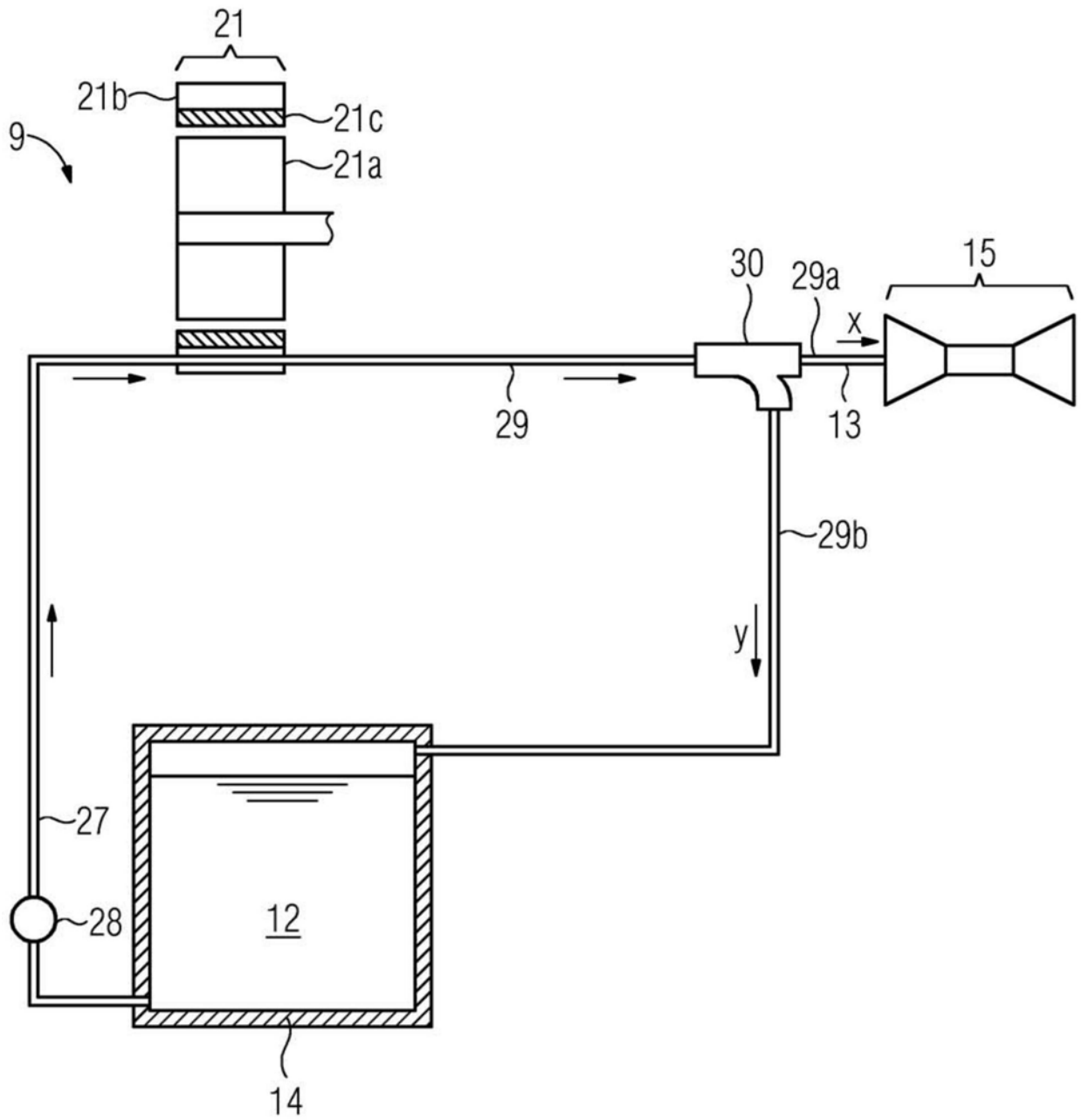


图3

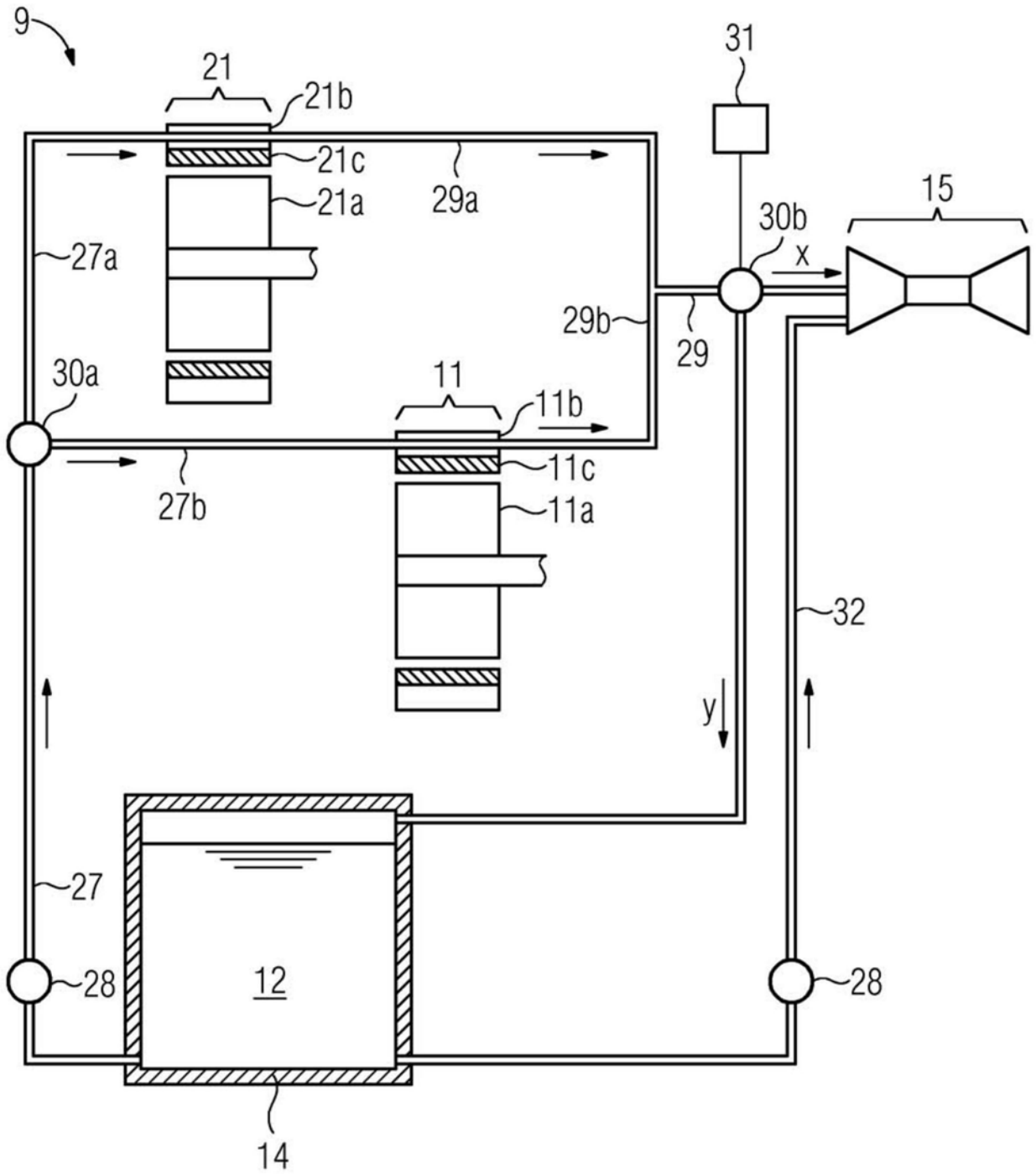


图4