



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 108438189 B

(45)授权公告日 2020.07.14

(21)申请号 201810188696.3

(22)申请日 2018.03.08

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 108438189 A

(43)申请公布日 2018.08.24

(73)专利权人 哈尔滨工程大学
地址 150001 黑龙江省哈尔滨市南岗区南
通大街145号哈尔滨工程大学科技处
知识产权办公室

(72)发明人 范立云 卢耀文 姚崇 白云
石勇

(51)Int.Cl.
B63H 21/20(2006.01)

审查员 胡春平

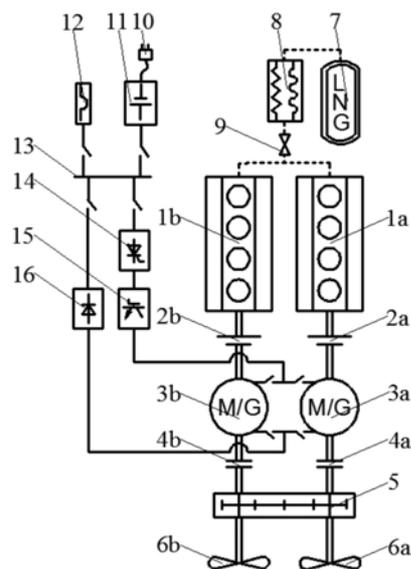
权利要求书2页 说明书6页 附图1页

(54)发明名称

一种双轴式气电混合船舶动力系统

(57)摘要

本发明的目的在于提供一种双轴式气电混合船舶动力系统,整个系统由气体机、可逆轴带电机、蓄电池、永磁耦合器、离合器、齿轮箱、螺旋桨、天然气存储供给装置、逆变器、变频器、整流器、配电板组成。该系统主要特征如下:气体机通过永磁耦合器与可逆轴带电机相连,可逆轴带电机通过离合器与齿轮箱相连,电力源为蓄电池。本发明所采用的多种能量形式的布置可以满足船舶在各种环境和工况下的需求,进一步提高了气体机、可逆轴带电机的运行效率,有效降低了气体机的燃料消耗和排放,同时改善了船舶的动力响应,而且系统的适用范围广泛。



1. 一种双轴式气电混合船舶动力系统,其特征是:包括第一气体机、第二气体机、第一可逆轴带电机、第二可逆轴带电机、齿轮箱、蓄电池,第一气体机的输出端通过第一永磁耦合器与第一可逆轴带电机的输入端相连,第二气体机的输出端通过第二永磁耦合器与第二可逆轴带电机的输入端相连,第一可逆轴带电机的输出端通过第一离合器与齿轮箱的第一输入端相连,第二可逆轴带电机的输出端通过第二离合器与齿轮箱的第二输入端相连,第一螺旋桨和第二螺旋桨分别与齿轮箱的第一输出端和第二输出端相连,液化天然气罐与气体供给装置气连,气体供给装置连通第一气体机和第二气体机,蓄电池、船舶负载、逆变器、整流器均与配电板相连,逆变器通过变频器与第一可逆轴带电机和第二可逆轴带电机电连,第一可逆轴带电机和第二可逆轴带电机与整流器相连;

第一气体机和第二气体机为天然气发动机或双燃料发动机,第一可逆轴带电机和第二可逆轴带电机为永磁电机,蓄电池为铅酸蓄电池或锂离子电池。

2. 根据权利要求1所述的一种双轴式气电混合船舶动力系统,其特征是:第一气体机、第二气体机、蓄电池的工作模式包括机械推进模式;

所述机械推进模式包括:单气单发推进模式、单气双发推进模式、双气双发推进模式;

(1) 单气单发推进模式:第一气体机和第一可逆轴带电机处于运行状态,第一可逆轴带电机为发电机模式,第一永磁耦合器和第一离合器闭合,第二永磁耦合器和第二离合器断开,由第一气体机带动第一螺旋桨和第二螺旋桨运转的同时带动第一可逆轴带电机发电,经整流器汇入配电板;或断开第一永磁耦合器和第一离合器,闭合第二永磁耦合器和第二离合器,将第一气体机和第一可逆轴带电机切换为第二气体机和第二可逆轴带电机运行;

(2) 单气双发推进模式:第一气体机、第一可逆轴带电机和第二可逆轴带电机处于运行状态,第一可逆轴带电机和第二可逆轴带电机为发电机模式,第一永磁耦合器、第一离合器和第二离合器闭合,第二永磁耦合器断开,由第一气体机带动第一螺旋桨和第二螺旋桨运转的同时带动第一可逆轴带电机和第二可逆轴带电机发电,经整流器汇入配电板;或断开第一永磁耦合器,闭合第二永磁耦合器,将第一气体机切换为第二气体机运行;

(3) 双气双发推进模式:第一气体机、第二气体机、第一可逆轴带电机和第二可逆轴带电机处于运行状态,第一可逆轴带电机和第二可逆轴带电机为发电机模式,永磁耦合器和离合器均闭合,由第一气体机和第二气体机带动第一螺旋桨和第二螺旋桨运转的同时带动第一可逆轴带电机和第二可逆轴带电机发电,经整流器汇入配电板。

3. 根据权利要求1所述的一种双轴式气电混合船舶动力系统,其特征是:第一气体机、第二气体机、蓄电池的工作模式包括电力推进模式;

所述电力推进模式包括:蓄电池推进模式、岸电充电模式;

(1) 蓄电池推进模式:第一可逆轴带电机和板后经逆变器、变频器输入,第一永磁耦合器和第二永磁耦合器断开,第一离合器和第二离合器闭合,由第一可逆轴带电机和第二可逆轴带电机带动第一第二可逆轴带电机处于电动机运行状态,其所需电力由蓄电池提供,汇入第一螺旋桨和第二螺旋桨运转;

(2) 岸电充电模式:当船舶在港口和岸边停靠时,外接电源为蓄电池充电。

4. 根据权利要求1所述的一种双轴式气电混合船舶动力系统,其特征是:第一气体机、第二气体机、蓄电池的工作模式包括混合推进模式;

所述混合推进模式包括:单气单电推进模式、单气双电推进模式、双气双电推进模式、

双气单电单发推进模式；

(1) 单气单电推进模式：第一气体机、第一可逆轴带电机处于运行状态，第一可逆轴带电机为电动机模式，其所需电力由蓄电池提供，汇入配电板后经逆变器、变频器输入，第一永磁耦合器和第一离合器闭合，第二永磁耦合器和第二离合器断开，由第一气体机和第一可逆轴带电机共同带动第一螺旋桨和第二螺旋桨运转；或断开第一永磁耦合器和第一离合器，闭合第二永磁耦合器和第二离合器，将第一气体机和第一可逆轴带电机切换为第二气体机和第二可逆轴带电机运行；

(2) 单气双电推进模式：第一气体机、第一可逆轴带电机和第二可逆轴带电机处于运行状态，第一可逆轴带电机和第二可逆轴带电机为电动机模式，其所需电力由蓄电池提供，汇入配电板后经逆变器、变频器输入，第一永磁耦合器、第一离合器和第二离合器闭合，第二永磁耦合器断开，由第一气体机、第一可逆轴带电机和第二可逆轴带电机共同带动第一螺旋桨和第二螺旋桨运转；或断开第一永磁耦合器，闭合第二永磁耦合器，将第一气体机切换为第二气体机运行；

(3) 双气双电推进模式：第一气体机、第二气体机、第一可逆轴带电机和第二可逆轴带电机处于运行状态，第一可逆轴带电机和第二可逆轴带电机为电动机模式，其所需电力由蓄电池提供，汇入配电板后经逆变器、变频器输入，永磁耦合器和离合器均闭合，由第一气体机、第二气体机、第一可逆轴带电机和第二可逆轴带电机共同带动第一螺旋桨和第二螺旋桨运转；

(4) 双气单电单发推进模式：第一气体机、第二气体机、第一可逆轴带电机和第二可逆轴带电机处于运行状态，第一可逆轴带电机为电动机模式，第二可逆轴带电机为发电机模式，第一可逆轴带电机所需电力由第二可逆轴带电机发电提供，经整流器汇入配电板后再经逆变器、变频器输入，永磁耦合器和离合器均闭合，由第一气体机和第二气体机、第一可逆轴带电机共同带动第一螺旋桨和第二螺旋桨运转。

一种双轴式气电混合船舶动力系统

技术领域

[0001] 本发明涉及的是一种动力系统,具体地说是船舶动力系统。

背景技术

[0002] 随着我国能源问题和环境问题日益严峻,以及国际油价的快速上涨,这就对船舶的经济性和排放性提出了更高的要求,也使船舶的节能减排技术成为大家关注和研究的热点之一。

[0003] 天然气作为发动机的燃料是未来船舶发动机发展的必然趋势,天然气有着绿色环保、经济实惠、安全可靠的优点。但受现阶段天然气发动机技术水平不高的限制,天然气发动机存在动力响应差、功率不足等缺点。

[0004] 纯电动船舶电力推进系统是未来船舶技术研究的前沿,具有良好的经济性、操纵性、安全性、低噪声以及低污染等优点。然而,受发电方式、功率密度以及储能技术的影响,现阶段的纯电动船舶并不能达到高性能的速度、加速度和自控性,其续航能力也受其电池容量制约。

[0005] 船舶混合动力技术有助于解决能源问题与技术不成熟之间的矛盾,为船舶从传统的内燃机推进方式过渡到纯电力推进方式提供可行性方案。同时,混合动力船舶兼有内燃机推进船舶和纯电力推进船舶的优点:相比于内燃机推进船舶,可根据负荷大小选择工作模式,保证所有工况下的燃油经济性,冗余性好;相比于纯电力推进船舶,初期投入成本低,且续航能力强。因此,发展混合动力船舶具有非常重大的意义。

发明内容

[0006] 本发明的目的在于提供改善船舶动力性、经济性和排放性的一种双轴式气电混合船舶动力系统。

[0007] 本发明的目的是这样实现的:

[0008] 本发明一种双轴式气电混合船舶动力系统,其特征是:包括第一气体机、第二气体机、第一可逆轴带电机、第二可逆轴带电机、齿轮箱、蓄电池,第一气体机的输出端通过第一永磁耦合器与第一可逆轴带电机的输入端相连,第二气体机的输出端通过第二永磁耦合器与第二可逆轴带电机的输入端相连,第一可逆轴带电机的输出端通过第一离合器与齿轮箱的第一输入端相连,第二可逆轴带电机的输出端通过第二离合器与齿轮箱的第二输入端相连,第一螺旋桨和第二螺旋桨分别与齿轮箱的第一输出端和第二输出端相连,液化天然气罐与气体供给装置气连,气体供给装置连通第一气体机和第二气体机,蓄电池、船舶负载、逆变器、整流器均与配电板相连,逆变器通过变频器与第一可逆轴带电机和第二可逆轴带电机电连,第一可逆轴带电机和第二可逆轴带电机与整流器相连。

[0009] 本发明还可以包括:

[0010] 1、第一气体机、第二气体机、蓄电池的工作模式包括机械推进模式;

[0011] 所述机械推进模式包括:单气单发推进模式、单气双发推进模式、双气双发推进模

式；

[0012] (1) 单气单发推进模式：第一气体机和第一可逆轴带电机处于运行状态，第一可逆轴带电机为发电机模式，第一永磁耦合器和第一离合器闭合，第二永磁耦合器和第二离合器断开，由第一气体机带动第一螺旋桨和第二螺旋桨运转的同时带动第一可逆轴带电机发电，经整流器汇入配电板；或断开第一永磁耦合器和第一离合器，闭合第二永磁耦合器和第二离合器，将第一气体机和第一可逆轴带电机切换为第二气体机和第二可逆轴带电机运行；

[0013] (2) 单气双发推进模式：第一气体机、第一可逆轴带电机和第二可逆轴带电机处于运行状态，第一可逆轴带电机和第二可逆轴带电机为发电机模式，第一永磁耦合器、第一离合器和第二离合器闭合，第二永磁耦合器断开，由第一气体机带动第一螺旋桨和第二螺旋桨运转的同时带动第一可逆轴带电机和第二可逆轴带电机发电，经整流器汇入配电板；或断开第一永磁耦合器，闭合第二永磁耦合器，将第一气体机切换为第二气体机运行；

[0014] (3) 双气双发推进模式：第一气体机、第二气体机、第一可逆轴带电机和第二可逆轴带电机处于运行状态，第一可逆轴带电机和第二可逆轴带电机为发电机模式，永磁耦合器和离合器均闭合，由第一气体机和第二气体机带动第一螺旋桨和第二螺旋桨运转的同时带动第一可逆轴带电机和第二可逆轴带电机发电，经整流器汇入配电板。

[0015] 2、第一气体机、第二气体机、蓄电池的工作模式包括电力推进模式；

[0016] 所述电力推进模式包括：蓄电池推进模式、岸电充电模式；

[0017] (1) 蓄电池推进模式：第一可逆轴带电机和板后经逆变器、变频器输入，第一永磁耦合器和第二永磁耦合器断开，第一离合器和第二离合器闭合，由第一可逆轴带电机和第二可逆轴带电机带动第一第二可逆轴带电机处于电动机运行状态，其所需电力由蓄电池提供，汇入第一螺旋桨和第二螺旋桨运转；

[0018] (2) 岸电充电模式：当船舶在港口和岸边停靠时，外接电源为蓄电池充电。

[0019] 3、第一气体机、第二气体机、蓄电池的工作模式包括混合推进模式；

[0020] 所述混合推进模式包括：单气单电推进模式、单气双电推进模式、双气双电推进模式、双气单电单发推进模式；

[0021] (1) 单气单电推进模式：第一气体机、第一可逆轴带电机处于运行状态，第一可逆轴带电机为电动机模式，其所需电力由蓄电池提供，汇入配电板后经逆变器、变频器输入，第一永磁耦合器和第一离合器闭合，第二永磁耦合器和第二离合器断开，由第一气体机和第一可逆轴带电机共同带动第一螺旋桨和第二螺旋桨运转；或断开第一永磁耦合器和第一离合器，闭合第二永磁耦合器和第二离合器，将第一气体机和第一可逆轴带电机切换为第二气体机和第二可逆轴带电机运行；

[0022] (2) 单气双电推进模式：第一气体机、第一可逆轴带电机和第二可逆轴带电机处于运行状态，第一可逆轴带电机和第二可逆轴带电机为电动机模式，其所需电力由蓄电池提供，汇入配电板后经逆变器、变频器输入，第一永磁耦合器、第一离合器和第二离合器闭合，第二永磁耦合器断开，由第一气体机、第一可逆轴带电机和第二可逆轴带电机共同带动第一螺旋桨和第二螺旋桨运转；或断开第一永磁耦合器，闭合第二永磁耦合器，将第一气体机切换为第二气体机运行；

[0023] (3) 双气双电推进模式：第一气体机、第二气体机、第一可逆轴带电机和第二可逆

轴带电机处于运行状态,第一可逆轴带电机和第二可逆轴带电机为电动机模式,其所需电力由蓄电池提供,汇入配电板后经逆变器、变频器输入,永磁耦合器和离合器均闭合,由第一气体机、第二气体机、第一可逆轴带电机和第二可逆轴带电机共同带动第一螺旋桨和第二螺旋桨运转;

[0024] (4) 双气单电单发推进模式:第一气体机、第二气体机、第一可逆轴带电机和第二可逆轴带电机处于运行状态,第一可逆轴带电机为电动机模式,第二可逆轴带电机为发电机模式,第一可逆轴带电机所需电力由第二可逆轴带电机发电提供,经整流器汇入配电板后再经逆变器、变频器输入,永磁耦合器和离合器均闭合,由第一气体机和第二气体机、第一可逆轴带电机共同带动第一螺旋桨和第二螺旋桨运转。

[0025] 4、第一气体机和第二气体机为天然气发动机或双燃料发动机,第一可逆轴带电机和第二可逆轴带电机为永磁电机,蓄电池为铅酸蓄电池或锂离子电池。

[0026] 本发明的优势在于:

[0027] 1. 本发明提出了一种双轴式气电混合船舶动力系统,设置有气体机和可逆轴带电机,功率覆盖范围广,可以满足船舶在各种工况下的动力需求,并能使气体机和可逆轴带电机更好的工作在高效率区,从而降低了气体机的燃料消耗,提高了船舶的经济性和排放性,同时有效改善了船舶航行时的动力响应,提升了船舶的加减速性能和倒船性能。

[0028] 2. 气体机和可逆轴带电机之间采用永磁耦合器代替传统的离合器连接,实现了气体机的柔性并车,有效改善了气体机在并车时受到的冲击和震动,延长了气体机的使用寿命,虽然相比离合器,永磁耦合器的动力响应较慢,但用在混合动力系统中可以很好的避免该缺点。

[0029] 3. 多种动力源的布置方案提高了船舶的可靠性和适用性,通过永磁耦合器的闭合及断开以及可逆轴带电机工作模式的切换,本发明所提供的混合动力系统可以实现多种工作模式,有效提高了船舶混合动力系统的效率,可根据实际动力需求和船舶航行环境,选择适合的工作模式。该方案不仅能够满足不同港口和海域的排放标准,还能有效缓解技术不成熟与愈加严格的排放标准之间的矛盾,提高了船舶经济性和排放性。

[0030] 4. 采用本系统提供的船舶混合动力系统,船舶可以不用安装发电用的柴油辅机,船舶负载的电力供给由蓄电池和可逆轴带电机代替,故可有效节省船舱空间以及减少一定的初期投入。

附图说明

[0031] 图1为本发明的结构示意图。

具体实施方式

[0032] 下面结合附图举例对本发明做更详细地描述:

[0033] 结合图1,本发明一种双轴式气电混合船舶动力系统,包括气体机1a和1b、永磁耦合器2a和2b、可逆轴带电机3a和3b、离合器4a和4b、齿轮箱5、螺旋桨6a和6b、液化天然气罐7、气体供给装置8、气阀9、充电插头10、蓄电池11、船舶负载12、配电板13、逆变器14、变频器15、整流器16。其连接关系为:气体机1a和1b的输出端分别通过永磁耦合器2a和2b与可逆轴带电机3a和3b的输入端相连,可逆轴带电机3a和3b的输出端分别通过离合器4a)和4b与齿

轮箱5的两个输入端相连,螺旋桨6a和6b与齿轮箱5的两个输出端相连,液化天然气罐7与气体供给装置8气连,并通过气阀9将天然气输送至气体机1a和1b中,蓄电池11、船舶负载12、逆变器14、整流器16都通过开关与配电板13电连,逆变器14通过变频器15与可逆轴带电机3a和3b电连,可逆轴带电机3a和3b与整流器16电连,蓄电池11带有可外接充电的插头11。

[0034] 本实施例中,气体机1a和1b优选纯天然气发动机或双燃料发动机,可逆轴带电机3a和3b优选具有高效率、高功率密度、寿命长等优点永磁电机,蓄电池11优选成本低、可靠性好的铅酸蓄电池或功率密度高、体积重量小的锂离子电池。

[0035] 本发明的工作模式主要包括机械推进模式,电力推进模式,混合推进模式。

[0036] 1. 机械推进模式

[0037] 机械推进模式可分为:单气单发推进模式、单气双发推进模式、双气双发推进模式。

[0038] 1) 单气单发推进模式:在该种工作模式下,气体机1a和可逆轴带电机3a处于运行状态,可逆轴带电机3a为发电机模式,永磁耦合器2a和离合器4a闭合,永磁耦合器2b和离合器4b断开,由气体机1a带动两个螺旋桨6a和6b运转的同时带动可逆轴带电机3a发电,经整流器16汇入配电板13。同理可断开永磁耦合器2a和离合器4a,闭合永磁耦合器2b和离合器4b,将气体机1a和可逆轴带电机3a切换为气体机1b和可逆轴带电机3b运行。

[0039] 2) 单气双发推进模式:在该种工作模式下,气体机1a、可逆轴带电机3a和3b处于运行状态,可逆轴带电机3a和3b为发电机模式,永磁耦合器2a、离合器4a和4b闭合,永磁耦合器2b断开,由气体机1a带动两个螺旋桨6a和6b运转的同时带动可逆轴带电机3a和3b发电,经整流器16汇入配电板13。同理可断开永磁耦合器2a,闭合永磁耦合器2b,将气体机1a切换为气体机1b运行。

[0040] 3) 双气双发推进模式:在该种工作模式下,气体机1a和1b、可逆轴带电机3a和3b处于运行状态,可逆轴带电机3a和3b为发电机模式,永磁耦合器和离合器均闭合,由气体机1a和1b带动两个螺旋桨6a和6b运转的同时带动可逆轴带电机3a和3b发电,经整流器16汇入配电板13。

[0041] 2. 电力推进模式

[0042] 电力推进模式可分为:蓄电池推进模式、岸电充电模式。

[0043] 1) 蓄电池推进模式:在该种工作模式下,可逆轴带电机3a和3b处于电动机运行状态,其所需电力由蓄电池11提供,汇入配电板13后经逆变器14、变频器15输入,永磁耦合器2a和2b断开,离合器4a和4b闭合,由可逆轴带电机3a和3b带动螺旋桨6a和6b运转。

[0044] 2) 岸电充电模式:当船舶在港口和岸边停靠时,可通过充电插头10外接电源为蓄电池11充电。

[0045] 3. 混合推进模式

[0046] 混合推进模式可分为:单气单电推进模式、单气双电推进模式、双气双电推进模式、双气单电单发推进模式。

[0047] 1) 单气单电推进模式:在该种工作模式下,气体机1a、可逆轴带电机3a处于运行状态,可逆轴带电机3a为电动机模式,其所需电力由蓄电池11提供,汇入配电板13后经逆变器14、变频器15输入,永磁耦合器2a和离合器4a闭合,永磁耦合器2b和离合器4b断开,由气体机1a和可逆轴带电机3a共同带动两个螺旋桨6a和6b运转。同理可断开永磁耦合器2a和离合

器4a, 闭合永磁耦合器2b和离合器4b, 将气体机1a和可逆轴带电机3a切换为气体机1b和可逆轴带电机3b运行。

[0048] 2) 单气双电推进模式: 在该种工作模式下, 气体机1a、可逆轴带电机3a和3b处于运行状态, 可逆轴带电机3a和3b为电动机模式, 其所需电力由蓄电池11提供, 汇入配电板13后经逆变器14、变频器15输入, 永磁耦合器2a、离合器4a和4b闭合, 永磁耦合器2b断开, 由气体机1a、可逆轴带电机3a和3b共同带动两个螺旋桨6a和6b运转。同理可断开永磁耦合器2a, 闭合永磁耦合器2b, 将气体机1a切换为气体机1b运行。

[0049] 3) 双气双电推进模式: 在该种工作模式下, 气体机1a和1b、可逆轴带电机3a和3b处于运行状态, 可逆轴带电机3a和3b为电动机模式, 其所需电力由蓄电池11提供, 汇入配电板13后经逆变器14、变频器15输入, 永磁耦合器和离合器均闭合, 由气体机1a和1b、可逆轴带电机3a和3b共同带动两个螺旋桨6a和6b运转。

[0050] 4) 双气单电单发推进模式: 在该种工作模式下, 气体机1a和1b、可逆轴带电机3a和3b处于运行状态, 可逆轴带电机3a为电动机模式, 可逆轴带电机3b为发电机模式, 可逆轴带电机3a所需电力由可逆轴带电机3b发电提供, 经整流器16汇入配电板13后再经逆变器14、变频器15输入, 永磁耦合器和离合器均闭合, 由气体机1a和1b、可逆轴带电机3a共同带动两个螺旋桨6a和6b运转。

[0051] 在电力推进模式下, 若单台可逆轴带电机的功率即可满足需求, 可控制开关和离合器, 实现单可逆轴带电机工作, 使其工作在高效率区。同时可轮换使用单台可逆轴带电机, 可以避免单台可逆轴带电机长时间工作导致自身过热, 从而使运行效率降低, 还可有效延长可逆轴带电机的使用寿命。

[0052] 上述模式中: 机械推进模式适用于当船舶离开港口或码头后, 进入海域稳定航行时, 以及对船舶排放和噪声要求不高的区域; 电力推进模式适用于船舶进出港口或码头, 船舶加减速、倒船、靠岸, 以及对船舶排放和噪声有较高要求的区域; 混合推进模式适用于船舶对推进功率或航速有一定需求时。

[0053] 采用本发明提供的船舶混合动力系统可以不用布置发电用的船舶柴油辅机, 船舶负载12所需要的电力由蓄电池11提供, 可逆电机3a和3b发电时也可提供电力。

[0054] 下表为本实施例所提供的一种船舶在定负荷时的功率配置方案, 该配置方案不考虑能量流转换时的损耗, 仅表示能量流分配时的方向: 气体机额定功率为1000kW, 单台可逆轴电机额定功率为500kW, 蓄电池总容量为600kW·h (按1C放电倍率放电时发出功率为600kW, 按1/3C充电倍率充电时需求功率为200kW, C为库仑), 船舶负载消耗功率为300kW。如下表所示, 当气体机、可逆轴带电机在不同工作模式下都工作高效率区时, 系统的功率分布情况。其中S (Shaft power) 代表轴功率, E (Electric power) 代表电功率, 单位都为kW, +代表部件发出的轴功率或电功率, -代表部件消耗的轴功率或电功率, \代表部件处在关闭状态。M代表可逆轴带电机处于电动机模式, G代表可逆轴带电机处于发电机模式。

[0055] 如表中所示的双气双电推进模式, 在该模式下, 气体机1a和1b、可逆轴带电机3a和3b处于运行状态, 可逆轴带电机3a和3b为电动机模式, 蓄电池11供电, 气体机1a和1b分别发出1000kW的轴功率, 蓄电池11发出1300kW电功率, 可逆轴带电机3a和3b分别消耗500kW的电功率并发出500kW的轴功率, 船舶负载消耗300kW的电功率, 最后船舶用来推进的轴功率为3000kW。

[0056]

单位: kW		气体机 1a	气体机 1b	可逆轴带电机 3a	可逆轴带电机 3b	蓄电池 11	船舶 负载 12	推进 功率		
工作状态		运行/关闭时永磁耦合器 2a 闭合/断开	运行/关闭时永磁耦合器 2b 闭合/断开	运行/关闭时离合器 4a 闭合/断开	运行/关闭时离合器 4b 闭合/断开	\	\	\		
机械推进模式	单气单发推进模式	+1000S	\	G	-500S +500E	\	-200E	-300E	500S	
					-300S +300E	\	\	-300E	700S	
	单气双发推进模式	+1000S	\	G	-300S +300E	G	-300S +300E	-300E	-300E	400S
	双气双发推进模式	+1000S	+1000S	G	-450S +450E	G	-450S +450E	-600E	-300E	1100S
电力推进模式	蓄电池推进模式	\	\	M	-300E +300S	M	\	+600E	-300E	300S
					-500E +500S		-500E +500S	+1300E	-300E	1000S
	岸电充电模式	\	\	\	\	\	-600E	\	\	
混合推进模式	单气单电推进模式	+1000S	\	M	-500E +500S	\	+800E	-300E	1500S	
	单气双电推进模式	+1000S	\	M	-500E +500S	M	-500E +500S	+1300E	-300E	2000S
	双气双电推进模式	+1000S	+1000S	M	-500E +500S	M	-500E +500S	+1300E	-300E	3000S
	双气单电单发推进模式	+1000S	+1000S	M	-100E +100S	G	-500S +500E	-100E	-300E	1600S
					-200E +200S		-500S +500E	\	-300E	1700S

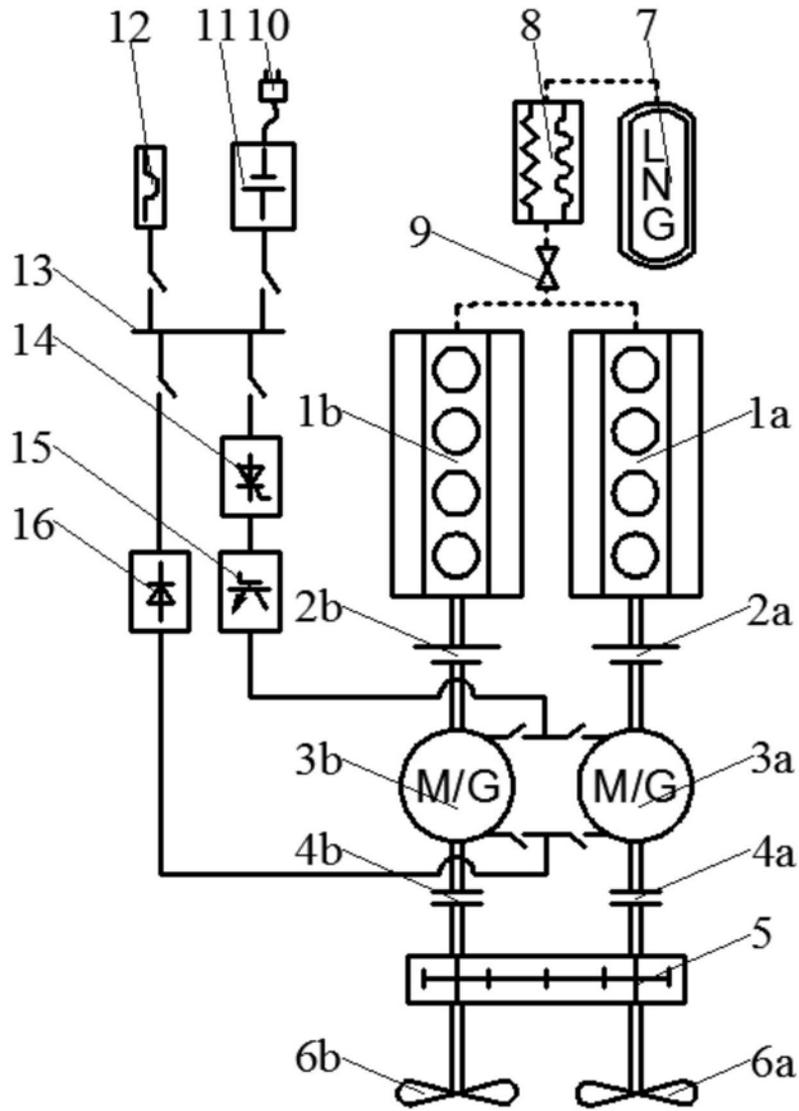


图1