



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 114123720 A
(43) 申请公布日 2022. 03. 01

(21) 申请号 202111280276.6
(22) 申请日 2021.11.01
(71) 申请人 南京邮电大学
地址 210023 江苏省南京市鼓楼区新模范
马路66号
(72) 发明人 张文峰
(74) 专利代理机构 南京纵横知识产权代理有限
公司 32224
代理人 许婉静
(51) Int.Cl.
H02K 55/04 (2006.01)

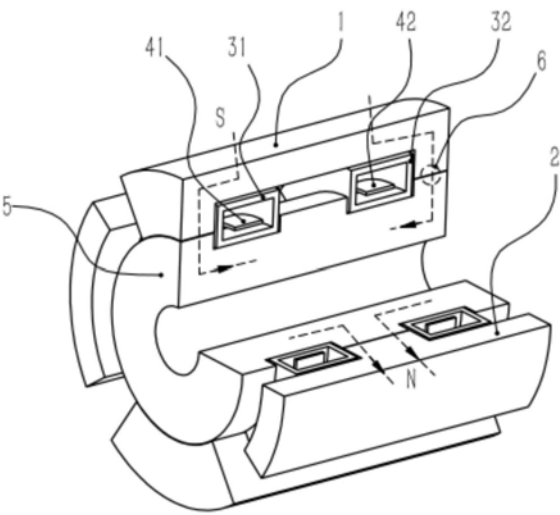
权利要求书1页 说明书3页 附图2页

(54) 发明名称

多超导线圈旋转极靴式高温超导同步电机
励磁系统

(57) 摘要

本发明公开了超导电机技术领域的多超导线圈旋转极靴式高温超导同步电机励磁系统,包括:内定子铁芯,所述内定子铁芯为轴心中空的圆柱结构;多组内置有超导线圈的杜瓦系统,对称套装于内定子铁芯外壁;多组可沿内定子铁芯轴向转动的转子铁芯,位于内定子铁芯和杜瓦系统外围轴向对称分布,且转子铁芯与内定子铁芯之间存在供磁场通过的第二气隙。本发明能够将磁路沿轴向平均分为多部分,减小了单回路磁场轴向磁路的距离,轴向磁场分布更加均匀,从而减少了轴向漏磁;避免了转子悬臂过长,使得转子结构更加坚固;可以进一步实现多组线圈结构,避免了旋转极靴式超导电机轴向长度限制,具有更高的电机效率和功率密度,更适用于高速、高振动领域。



1. 多超导线圈旋转极靴式高温超导同步电机励磁系统,其特征是,包括:
内定子铁芯,所述内定子铁芯为轴心中空的圆柱结构;
多组内置有超导线圈的杜瓦系统,对称套装于内定子铁芯外壁;
多组可沿内定子铁芯轴向转动的转子铁芯,位于内定子铁芯和杜瓦系统外围轴向对称分布,且转子铁芯与内定子铁芯之间存在供磁场通过的第二气隙。
2. 根据权利要求1所述的多超导线圈旋转极靴式高温超导同步电机励磁系统,其特征是,所述杜瓦系统的数量为N个,所述内定子铁芯圆周外壁对称设置有N+1个环形凸台,且每个杜瓦系统均套装于相邻环形凸台之间的凹陷处。
3. 根据权利要求1所述的多超导线圈旋转极靴式高温超导同步电机励磁系统,其特征是,所述杜瓦系统为呈“回”字形的双层薄壁绝热结构,且杜瓦系统内部充有液氮,所述杜瓦系统外壁上设置有磁屏蔽结构。
4. 根据权利要求1所述的多超导线圈旋转极靴式高温超导同步电机励磁系统,其特征是,所述超导线圈由超导线材或带材绕制而成。
5. 根据权利要求1所述的多超导线圈旋转极靴式高温超导同步电机励磁系统,所述转子铁芯包括C形转子铁芯和卜形转子铁芯,且C形转子铁芯和卜形转子铁芯沿内定子铁芯圆周方向交错排布。
6. 根据权利要求5所述的多超导线圈旋转极靴式高温超导同步电机励磁系统,其特征是,所述C形转子铁芯、卜形转子铁芯和内定子铁芯均采用高磁导率材料制成,所述高磁导率材料包括冷轧硅钢、软磁复合材料或非晶合金材料。

多超导线圈旋转极靴式高温超导同步电机励磁系统

技术领域

[0001] 本发明涉及多超导线圈旋转极靴式高温超导同步电机励磁系统,属于超导电机技术领域。

背景技术

[0002] 超导电机是一种高功率密度电机,在船舶推进、风力发电以及航空航天等领域具有重要的应用场景。近年来,超导材料性能不断提升,价格也逐渐降低,使得超导电机应用技术被广泛关注。旋转极靴式高温超导电机,如专利(CN 109639103B)所公布,是一种利用超导线圈励磁,通过旋转转子铁芯形成旋转磁场的电机。与常规电机相比,该类电机中超导线圈处于静止状态,省去了旋转杜瓦、动密封以及电刷系统等复杂结构的使用,提升了超导电机的可靠性,降低了制造成本。同时,该类电机旋转部件仅由转子铁芯构成,具有结构坚固、转动惯量小的特点,特别适合用于高速、高振动等电机需求领域,具有较好的应用前景。

[0003] 旋转极靴式高温超导电机中,磁场由超导线圈产生,要经过内定子端部传导至转子铁芯,再沿转子铁芯传导至电机内部,并经第一气隙沿径向传导至外定子铁芯,从而切割电枢绕组。磁场分布兼有轴向和径向分布的性质,并且随着电机轴向长度增加,转子铁芯中传导的磁通量减少,形成外定子铁芯中磁通减少,造成外定子铁芯的浪费。并且转子铁芯形成悬臂结构,对转子铁芯机械强度造成影响。

发明内容

[0004] 本发明的目的在于克服现有技术中的不足,提供多超导线圈旋转极靴式高温超导同步电机励磁系统,能够达到将磁路沿轴向平均分为多部分,减小了单回路磁场轴向磁路的距离,轴向磁场分布更加均匀,从而减少了轴向漏磁的效果。

[0005] 为达到上述目的,本发明是采用下述技术方案实现的:

[0006] 本发明提供了多超导线圈旋转极靴式高温超导同步电机励磁系统,包括:

[0007] 内定子铁芯,所述内定子铁芯为轴心中空的圆柱结构;

[0008] 多组内置有超导线圈的杜瓦系统,对称套装于内定子铁芯外壁;

[0009] 多组可沿内定子铁芯轴向转动的转子铁芯,位于内定子铁芯和杜瓦系统外围轴向对称分布,且转子铁芯与内定子铁芯之间存在供磁场通过的第二气隙。

[0010] 进一步的,所述杜瓦系统的数量为N个,所述内定子铁芯圆周外壁对称设置有N+1个环形凸台,且每个杜瓦系统均套装于相邻环形凸台之间的凹陷处。

[0011] 进一步的,所述杜瓦系统为呈“回”字形的双层薄壁绝热结构,且杜瓦系统内部充有液氮,所述杜瓦系统外壁上设置有磁屏蔽结构。

[0012] 进一步的,所述超导线圈由超导线材或带材绕制而成。

[0013] 进一步的,所述转子铁芯包括C形转子铁芯和卜形转子铁芯,且C形转子铁芯和卜形转子铁芯沿内定子铁芯圆周方向交错排布。

[0014] 进一步的,所述C形转子铁芯、卜形转子铁芯和内定子铁芯均采用高磁导率材料制

成,所述高磁导率材料包括冷轧硅钢、软磁复合材料或非晶合金材料。

[0015] 与现有技术相比,本发明所达到的有益效果:

[0016] 本发明提出的多超导线圈旋转极靴式高温超导同步电机励磁系统,相比于单超导线圈结构,将磁路沿轴向平均分为多部分,减小了单回路磁场轴向磁路的距离,轴向磁场分布更加均匀,从而减少了轴向漏磁;避免了转子悬臂过长,使得转子结构更加坚固;可以进一步实现多组线圈结构,避免了旋转极靴式超导电机轴向长度限制,具有更高的电机效率和功率密度,更适用于高速、高振动领域。

附图说明

[0017] 图1是本发明实施例提供的旋转极靴式高温超导同步电机的励磁系统3/4结构示意图和磁路走向示意图;

[0018] 图2是本发明实施例提供的C形转子铁芯结构图;

[0019] 图3是本发明实施例提供的卜形转子铁芯结构图;

[0020] 图4是本发明实施例提供的内定子铁芯结构图。

[0021] 图中:1、C形转子铁芯;2、卜形转子铁芯;3、杜瓦系统;4、超导线圈;31、左杜瓦系统;32、右杜瓦系统;41、左超导线圈;42、右超导线圈;5、内定子铁芯;6、第二气隙。

具体实施方式

[0022] 下面结合附图对本发明作进一步描述。以下实施例仅用于更加清楚地说明本发明的技术方案,而不能以此来限制本发明的保护范围。

[0023] 实施例:

[0024] 多超导线圈旋转极靴式高温超导同步电机励磁系统,请参阅图1,包括同轴安置的转子铁芯、内定子铁芯5,两组超导线圈4及其杜瓦系统3,其中,转子铁芯包括C形转子铁芯1和卜形转子铁芯2,杜瓦系统3包括左杜瓦系统31和右杜瓦系统32,两组超导线圈4包括左超导线圈41和右超导线圈42;C形转子铁芯1和卜形转子铁芯2与内定子铁芯5之间存在第二气隙6;左超导线圈41设置于左杜瓦系统31内,右超导线圈42设置于右杜瓦系统32内,两组超导线圈4及其杜瓦系统3套装在内定子铁芯5两侧。

[0025] 需要说明的是,C形转子铁芯1和卜形转子铁芯2沿圆周方向交错排布,形成旋转极靴式超导电机励磁系统的N极和S极,数量由所设计的电机极对数决定;左超导线圈41和右超导线圈42同为圆形结构,匝数相等,电机运行时通入大小相等、方向相反的直流电流,在内定子铁芯5两端形成S极,中部形成N极;内定子铁芯5安置在最内侧,为中空的圆柱结构,且在圆柱两端和中央有圆柱形凸台的结构,其中空的圆柱内部用作液氮、导线的接入通道;左杜瓦系统31和右杜瓦系统32结构相同,为双层绝热结构,内部装有液氮,可以为超导线圈4运行提供低温环境;杜瓦系统3外壁设置有磁屏蔽结构,用以屏蔽交变磁场,保证超导线圈4运行的磁场环境;C形转子铁芯1、卜形转子铁芯2和内定子铁芯5采用冷轧硅钢、软磁复合材料或非晶合金等高磁导率材料制成,用以提供高磁导磁路;左超导线圈41和右超导线圈42由超导线材或带材绕制而成。

[0026] 旋转极靴式高温超导电机正常运行时,两组超导线圈4分别置于其杜瓦系统3中,保证超导线圈4运行的低温环境和电磁环境,分别在左超导线圈41和右超导线圈42内部通

入大小相等、方向相反的励磁电流,这样由两组超导线圈4产生的磁通大小相等,方向相反,形成两部分磁场,分别沿内定子铁芯5中部经第二气隙6进入卜形转子铁芯2,形成N极磁场,经电机定子及电枢绕组后,回到C形转子铁芯1形成S极磁场,并进一步经第二气隙6回到内定子铁芯5,形成闭合磁路。电流方向相反时可以形成相反方向的磁路,原理相同,当采用多于两组超导线圈4时,保证相邻的超导线圈4电流通入方向均相反即可。这样,形成了励磁系统N极和S极交错分布的磁极。图1中给出了一种磁路分布的方向。可以看到,相比于单超导线圈4结构,双线圈结构的励磁系统,将磁路沿轴向平均分为两部分,减小了单回路磁场轴向磁路的距离,轴向磁场分布更加均匀,从而减少了轴向漏磁;避免了转子悬臂过长,使得转子结构更加坚固;可以进一步实现多组线圈结构,避免了旋转极靴式超导电机轴向长度限制。

[0027] 电机正常运行时,旋转部件仅为C形转子铁芯1和卜形转子铁芯2,其他部件如内定子铁芯5、左杜瓦系统31和右杜瓦系统32、左超导线圈41和右超导线圈42,以及杜瓦系统3内的低温介质均处于静止状态。左超导线圈41和右超导线圈42中励磁电流以及左杜瓦系统31和右杜瓦系统32中用于保证超导线圈4低温环境的液氮可以通过内定子铁芯5的中空轴导入,避免了旋转动密封和电刷系统的使用。

[0028] 整个多超导线圈旋转极靴式高温超导同步电机励磁系统安置在电机定子腔内,通过C形转子铁芯1和卜形转子铁芯2形成的S极、N极磁场的旋转,在定子腔内形成旋转磁动势,切割电枢绕组,将机械能转化为电能。通过在电枢通入三相交变电流,在定子腔内形成旋转磁场,带动形成S极、N极磁场的C形转子铁芯1和卜形转子铁芯2转动,则将电能转化为机械能。

[0029] 可以看到,转子铁芯结构十分简单坚固。基于该结构励磁系统的旋转极靴式高温超导同步电机具有低温保障可靠、结构强度大,功率密度高的特点,有望用于航空航天、装甲车等高速、高功率密度电机需求领域。

[0030] 以上所述仅是本发明的优选实施方式,应当指出,对于本技术领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明技术原理的前提下,还可以做出若干改进和变形,这些改进和变形也应视为本发明的保护范围。

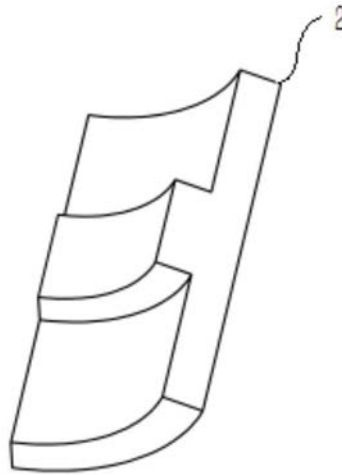


图3

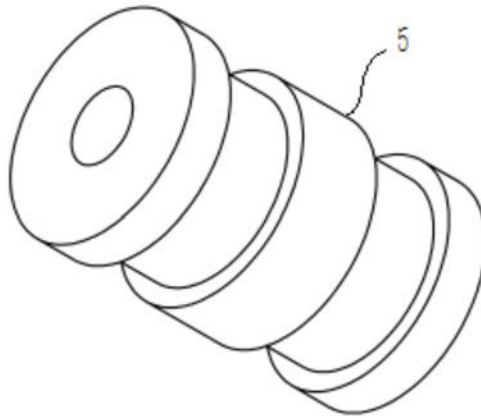


图4