(19)国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 115800576 A
(43)申请公布日 2023.03.14

(21)申请号 202211680595.0

(22)申请日 2022.12.27

(71)申请人 沈阳工业大学
地址 110870 辽宁省沈阳市铁西区经济技术开发区沈辽西路111号

(72)发明人 佟文明 汪晓强 贾建国 陈健

(74)专利代理机构 沈阳智龙专利事务所(普通合伙) 21115
专利代理师 王聪耀 宋铁军

(51)Int.Cl.
H02K 1/20(2006.01)
H02K 5/20(2006.01)
H02K 9/193(2006.01)
H02K 3/28(2006.01)
H02K 5/10(2022.01)
H02K 3/48(2006.01)
H02K 1/278(2006.01)
H02K 1/16(2006.01)

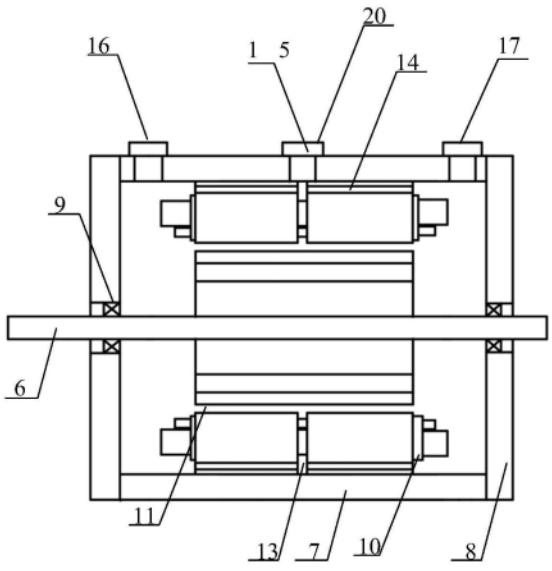
权利要求书1页 说明书4页 附图7页

(54)发明名称

一种带有高效率空水混合冷却系统的永磁电机

(57)摘要

本发明涉及一种带有高效率空水混合冷却系统的永磁电机，该永磁电机的定子铁心内周圈沿周向设置有多个定子槽，电枢绕组设置在定子槽内，定子铁心外周圈沿轴向设置有多个轴向通风孔，定子铁心外周圈沿径向设置有径向通风道，径向通风道与轴向通风孔相通，径向通风道与转子铁心接触，定子铁心两端设置有定子水冷盘；机壳上开设有入风口、多个出风口以及机壳水冷入水口和机壳水冷出水口，入风口与径向通风道相通，多个出风口与轴向通风孔相通，机壳水冷入水口和机壳水冷出水口均与定子水冷盘相通。本发明解决现有高功率密度永磁电机的转子散热技术的不足。



CN 115800576 A

1.一种带有高效率空水混合冷却系统的永磁电机，其特征在于：该永磁电机包括定子铁心(1)，电枢绕组(2)、转子铁心(3)、护套(4)、永磁体(5)、转轴(6)、机壳(7)，转轴(6)上设置有转子铁心(3)，转子铁心(3)表面固定有永磁体(5)，永磁体(5)表面固定有护套(4)，定子铁心(1)固定于机壳(7)上，定子铁心(1)和护套(4)之间为空气隙(11)，端盖(8)安装在机壳(7)两端，与机壳(7)通过固定的手段紧密贴合；

定子铁心(1)内周圈沿周向设置有多个定子槽(12)，电枢绕组(2)设置在定子槽(12)内，定子铁心(1)外周圈沿轴向设置有多个轴向通风孔(14)，定子铁心(1)外周圈沿径向设置有径向通风道(13)，径向通风道(13)与轴向通风孔(14)相通，径向通风道(13)与转子铁心(3)接触，定子铁心(1)两端设置有定子水冷盘(10)；机壳(7)上开设有入风口(15)、多个出风口以及机壳水冷入水口(18)和机壳水冷出水口(19)，入风口(15)与径向通风道(13)相通，多个出风口与轴向通风孔(14)相通，机壳水冷入水口(18)和机壳水冷出水口(19)均与定子水冷盘(10)相通。

2.根据权利要求1所述的一种带有高效率空水混合冷却系统的永磁电机，其特征在于：电枢绕组(2)为双层绕组。

3.根据权利要求1所述的一种带有高效率空水混合冷却系统的永磁电机，其特征在于：定子水冷盘(10)呈双并联水路结构，定子水冷盘(10)与外部循环水冷系统相连接。

4.根据权利要求1所述的一种带有高效率空水混合冷却系统的永磁电机，其特征在于：入风口(15)和出风口均与外部鼓风机连接，在机壳通风道入风口(15)处安装有滤尘网(20)。

5.根据权利要求1所述的一种带有高效率空水混合冷却系统的永磁电机，其特征在于：定子槽(12)内的空间中电枢绕组(2)占65%-75%，其余空间为槽内风道，槽内风道占25%-35%，槽内风道通过空气隙(11)与轴向通风孔(14)相通。

6.根据权利要求1所述的一种带有高效率空水混合冷却系统的永磁电机，其特征在于：出风口设置为两个，分别为第一出风口(16)与第二出风口(17)，第一出风口(16)与第二出风口(17)设置在入风口(15)的两侧，且第一出风口(16)与第二出风口(17)的开口处大小一致。

一种带有高效率空水混合冷却系统的永磁电机

技术领域

[0001] 本发明属于永磁电机冷却技术领域，具体涉及一种带有高效率空水混合冷却系统的永磁电机。

背景技术

[0002] 大功率电机主要应用于石油石化、水利水电、船舶等行业，高功率密度化是作为它的主要发展方向，电机内部温升问题阻碍了高功率化发展，温升过高会引发永磁体发生不可逆退磁，绝缘材料的寿命就急剧缩短，不利于电机的安全可靠运行等一系列问题。

[0003] 目前高功率密度永磁电机的冷却技术主要通过单一的机壳水冷、自扇型冷却或者外部连接鼓风机进行强迫风冷，通过机壳水冷虽然能够通过机壳水道与定子铁心直接接触冷却定子，但转子部位上的热量却难以散去，自扇型冷却通过转子同轴旋转的扇叶带动电机内部空气快速流动以加强电机对流散热，然而这种方法会让电机产生大量的空气摩擦损耗，单一的外部连接鼓风机的模式产生的冷却效果难以让电机的功率密度进一步提高。近几年，科研人员对电机内部深度冷却进行了大量研究，包括各种新型的复合冷却结构，高效的冷却系统研究成了推动电机高功率密度化、轻量化的关键研究问题。

发明内容

[0004] 本发明提供一种带有高效率空水混合冷却系统的永磁电机，该永磁电机具有径向通风结构的风水混合冷却系统，其目的在于解决现有高功率密度永磁电机的转子散热技术的不足。

[0005] 技术方案：

[0006] 一种带有高效率空水混合冷却系统的永磁电机，该永磁电机包括定子铁心，电枢绕组、转子铁心、护套、永磁体、转轴、机壳，转轴上设置有转子铁心，转子铁心表面固定有永磁体，永磁体表面固定有护套，定子铁心固定于机壳上，定子铁心和护套之间为空气隙，端盖安装在机壳两端，与机壳通过固定的手段紧密贴合；

[0007] 定子铁心内周圈沿周向设置有多个定子槽，电枢绕组设置在定子槽内，定子铁心外周圈沿轴向设置有多个轴向通风孔，定子铁心外周圈沿径向设置有径向通风道，径向通风道与轴向通风孔相通，径向通风道与转子铁心接触，定子铁心两端设置有定子水冷盘；机壳上开设有入风口、多个出风口以及机壳水冷入水口和机壳水冷出水口，入风口与径向通风道相通，多个出风口与轴向通风孔相通，机壳水冷入水口和机壳水冷出水口均与定子水冷盘相通。

[0008] 进一步的，电枢绕组为双层绕组。

[0009] 进一步的，定子水冷盘呈双并联水路结构，定子水冷盘与外部循环水冷系统相连接。

[0010] 进一步的，入风口和出风口均与外部鼓风机连接，在机壳通风道入风口处安装有滤尘网。

[0011] 进一步的，定子槽内的空间中电枢绕组占65%-75%，其余空间为槽内风道，槽内风道占25%-35%，槽内风道通过空气隙与轴向通风孔相通。

[0012] 进一步的，出风口设置为两个，分别为第一出风口与第二出风口，第一出风口与第二出风口设置在入风口的两侧，且第一出风口与第二出风口的开口处大小一致。

[0013] 有益效果：

[0014] 与现有技术相比，本发明永磁电机具有径向通风结构的风水混合冷却结构，使得较难被冷却的转子表面通过直接和冷却空气接触，直接带走转子部分产生的热量。与传统水冷电机通过机壳传递热量相比，大大提升了电机内部的流速，增大了转子部位的对流散热系数，提高了永磁体和转子铁心的传热效率，减小了永磁体的不可逆退磁风险。

附图说明

[0015] 图1为电机及空水混合冷却系统轴向切面图；

[0016] 图2为电机定子水冷却盘截面图；

[0017] 图3为电机及空水混合冷却系统径向切面图；

[0018] 图4为定子铁心三维结构图；

[0019] 图5为机壳外部三维结构图；

[0020] 图6为转子部分的径向切面图；

[0021] 图7为定子铁心的径向切面图；

[0022] 图8为纯机壳水冷与同等情况下加本发明风冷结构冷却效果图；

[0023] 图9为纯机壳水冷与同等情况下加本发明风冷结构绕组冷却效果图；

[0024] 附图标记说明：1、定子铁心，2、电枢绕组，3、转子铁心，4、护套，5、永磁体，6、转轴，7、机壳，8、端盖，9、轴承，10、定子水冷盘，11、气隙，12、定子槽，13、径向通风孔，14、轴向通风孔，15、入风口，16、第一出风口，17、第二出风口，18、定子水冷盘入水口，19、定子水冷盘出水口，20、外圈水道，21、内圈水道。

具体实施方式

[0025] 下面结合附图对本发明做进一步的说明。

[0026] 如图1-7所示，一种带有高效率空水混合冷却系统的永磁电机，包括电机本体和设置于电机本体上的冷却系统结构，电机本体包括定子铁心1，电枢绕组2、转子铁心3、护套4、永磁体5、转轴6、机壳7，转轴6上设置有转子铁心3，转子铁心3表面通过绑扎固定有永磁体5，永磁体5表面通过绑扎固定有护套4，定子铁心1固定于机壳7上，定子铁心1和护套4之间为空气隙11，端盖8安装在机壳7两端，与机壳7通过固定的手段紧密贴合。

[0027] 如图3-4和7所示，定子铁心1内周圈沿周向设置有多个定子槽12，电枢绕组2设置在定子槽12内为双层绕组，定子铁心1外周圈沿轴向设置有多个轴向通风孔14，轴向通风孔14用于促进电机内冷却空气循环流通；定子铁心1外周圈沿径向设置有径向通风道13，径向通风道13与轴向通风孔14相通，径向通风道13与转子铁心3接触，本发明中，通过设置定子径向通风道13和轴向通风道14，冷却空气在电机内部的流通更为通顺，使得电机的各部位与冷却空气更好地接触，加速电机各部位的表面流速，进而大大提高定转子的换热效率，冷却效率更高。

[0028] 通过定子径向通风道13冷却空气直接去通风道内的电枢绕组2直接接触，加快了电枢绕组2与空气之间的换热，同时电枢绕组2与定子槽12内的轴向孔隙也加速了与空气的换热，最后冷却空气通过气隙与定子铁心1轴向通风道进入电机端腔，使得运行中的电机端腔内部空气流速加大，并不断循环，使得端腔内的空气初始温度得到下降，绕组温升得以降低。

[0029] 如图1-2所示，定子铁心1两端设置有定子水冷盘10；机壳7上开设有入风口15、多个出风口以及机壳水冷入水口18和机壳水冷出水口19，入风口15与径向通风道13相通，多个出风口与轴向通风孔14相通，机壳水冷入水口18和机壳水冷出水口19均与定子水冷盘10相通。

[0030] 如图2所示，该定子水冷盘10与定子铁心1尺寸相似安装于定子铁心1两侧，定子水冷盘10由外侧的圆环形结构20和内侧的依次阵列的翘片21组成，翘片21与电枢绕组2一一对应，圆环形结构20内部开设有外圈水道，翘片21内开设有相通的U型内圈水道，圆环形结构20外周圈上开设有相对的入水口和出水口，入水口和出水口与机壳7的机壳水冷入水口18和机壳水冷出水口19相通相对应，外圈水道和内圈水道分别在机壳水冷入水口18和机壳水冷出水口19处相通，与入水口和出水口相对的翘片21内部不开设U型内圈水道，以利于外圈水道和内圈水道形成双并联水路结构，外圈水道沿着入水口两边顺势流下，内圈水道22冷却水通过两侧所开U型从上至下流动，定子水冷盘10与外部循环水冷系统相连接；与定子水冷盘10水套相连接的外部循环水系统，提供一个远低于电机内部温度和一定流量的冷却水。定子水冷盘10中流通的水由机壳7上的机壳水冷入水口18和机壳水冷出水口19通过外部水泵相连接。

[0031] 定子铁心1与电枢绕组2端部直接与两侧定子水冷盘10接触，定子铁心1与端部绕组通过定子水冷盘10结构传热带走了大量热量，另一部分则通过径向通风道13与轴向通风孔14的冷却风所带走，空水冷结合的冷却设计进一步冷却了定子铁心1与电枢绕组2，而转子铁心3分通过气隙与定子铁心1传热，间接地冷却了转子铁心3部分。径向通风道13内冷却空气在碰撞到高速旋转的转子铁心3表面时，由于离心力的作用使得风速在转子铁心3表面变大，加速了内部空气与外部风机空气交换，

[0032] 如图1所示，本实施例中出风口设置为两个，分别为第一出风口16与第二出风口17，第一出风口16与第二出风口17设置在入风口15的两侧，且第一出风口16与第二出风口17的开口处大小一致。本结构中在机壳7处开了两个面积相同的长方形第一出风口16与第二出风口17，比传统的轴向通风系统流通路径更短，使得电机内部空气流通性大大加强。入风口15、第一出风口16与第二出风口17均与外部鼓风机连接；在机壳通风道入风口15处安装有滤尘网20，过滤由外部鼓风机所带来的尘埃，使得电机内部的电磁性能不会被鼓风机带来的尘埃所影响，增强了电机内部工作的稳定性。

[0033] 电枢绕组2穿过径向通风道13，与冷却风直接接触，并且定子槽12内的空间中电枢绕组2占65％-75％，其余空间为槽内风道，槽内风道占25％-35％，槽内风道通过空气隙11与轴向通风孔14相通。槽内风道能加速电机内部空气的流动，电机部件表面的对流散热系数也随之增大。传统风冷结构不开定子径向通风孔13是由于使用了这种结构会增加了电枢绕组的用量，导致绕组温升升高，但采用本发明使用的空水混合冷却中的定子水冷盘10结构会有效冷却绕组所产生的温升，定子槽12的槽内风道占25％-35％，会进一步抑制绕组2

的温升。

[0034] 如图8-9所示，仿真实验采用的是传统机壳水冷与同等水冷条件下采用本发明(混合冷却结构)的内部通风结构的温度场对比，仿真实验基于商用流体场软件Fluent进行计算，图8展示的是电机轴向温度分布对比，(a)为混合冷却结构(本发明结构)，(b)为传统机壳水冷结构；图9展示的是绕组冷却效果图，(a)为混合冷却结构(本发明结构)，(b)为传统机壳水冷结构，说明采用空水混合冷却的最高温升相对于纯水冷的温升降低了18.72％，绕组最高温升降低了20.08％。

[0035] 本发明的一种具有径向通风结构的永磁电机空水混合冷却结构，定子铁心1和电枢绕组2产生的热量可以通过定子水冷盘10中的流通的冷却水直接带走，也可以通过定子铁心径向通风道13与定子铁心轴向通风道14中的冷却风直接带走。护套4与永磁体5产生的热量可以通过空气隙11传到定子铁心1间接地带走热量，也可以通过定子铁心径向通风道13与定子铁心轴向通风道14中的冷却风直接带走，本发明通过风水混合高效冷却的原理对电机各部位进行冷却。

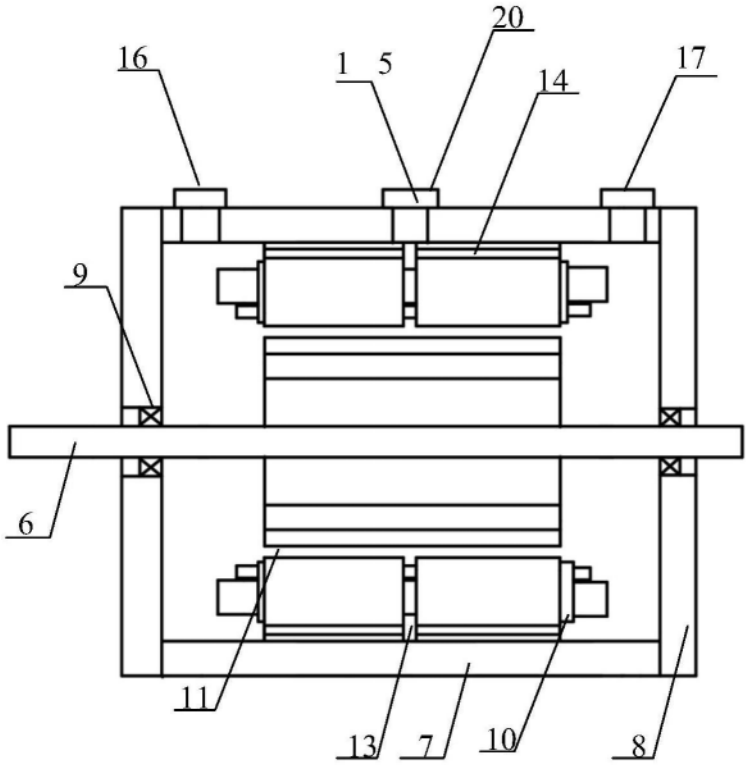


图1

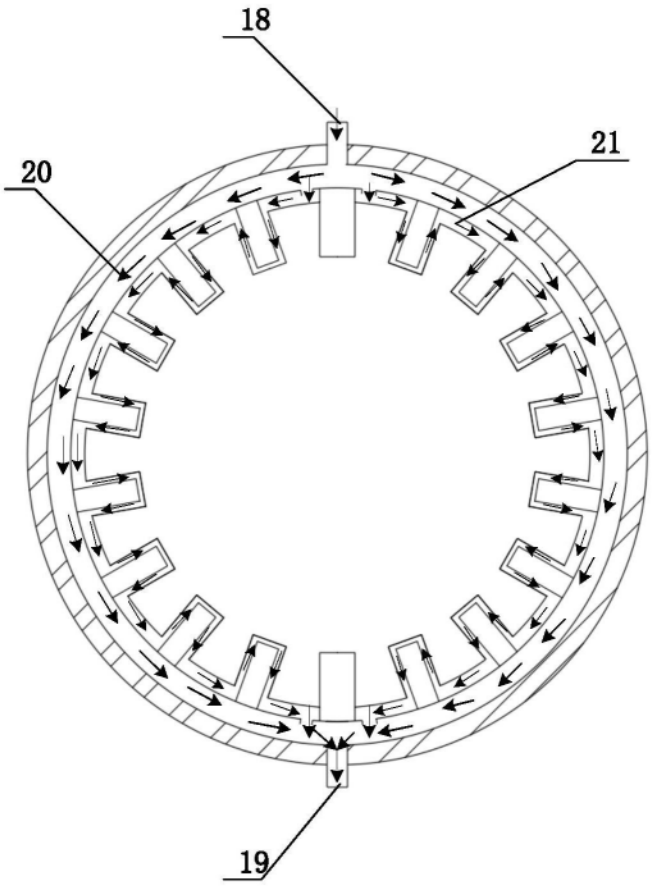


图2

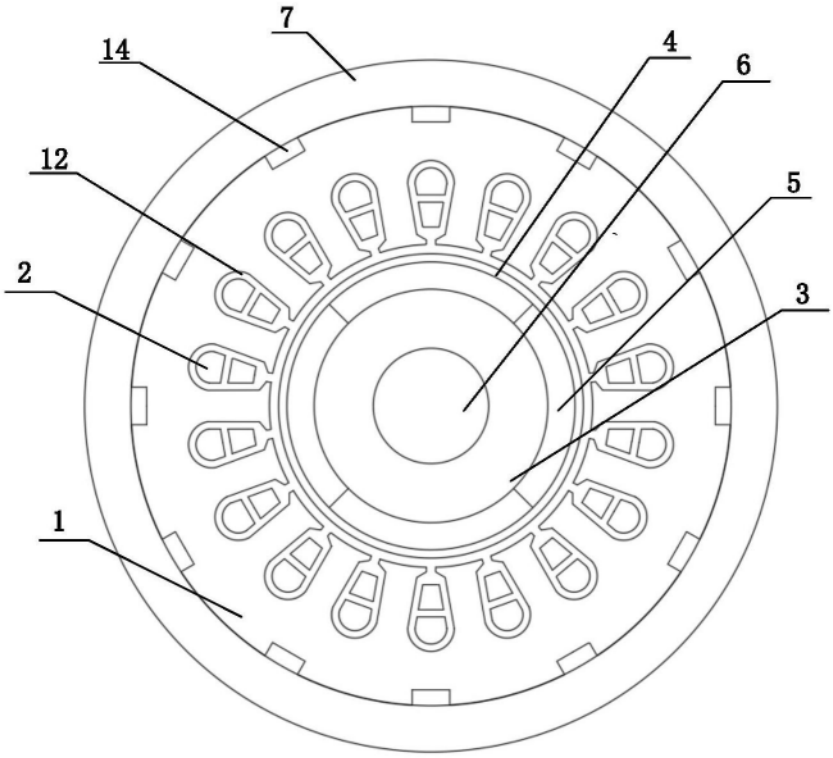


图3

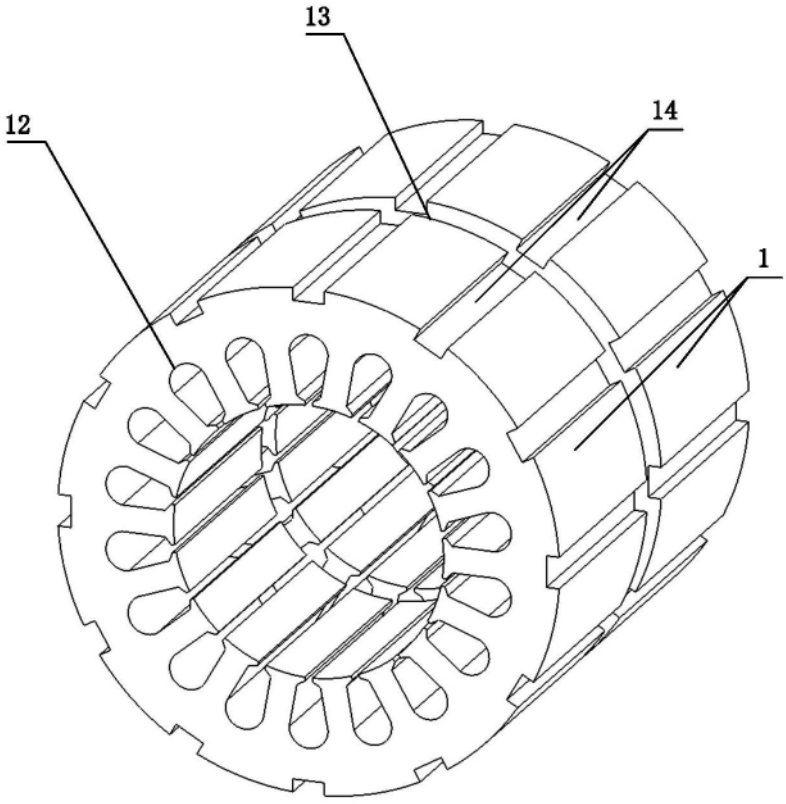


图4

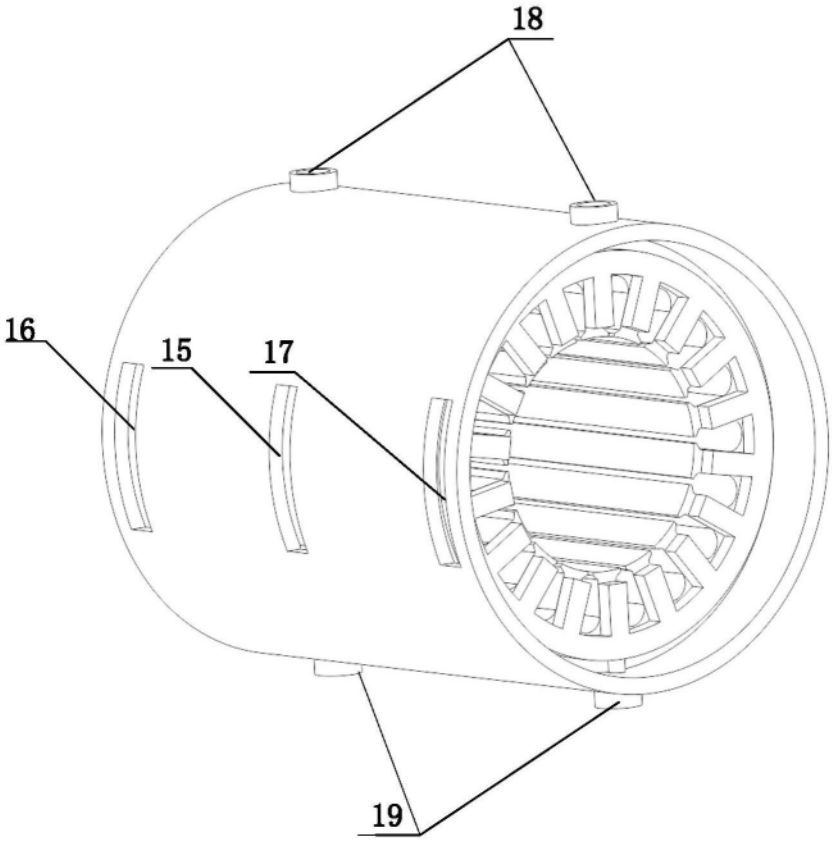


图5

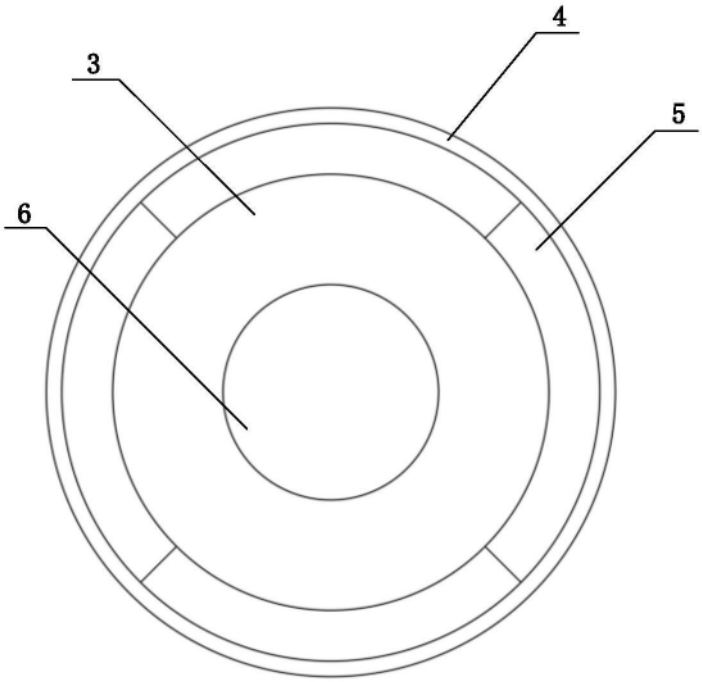


图6

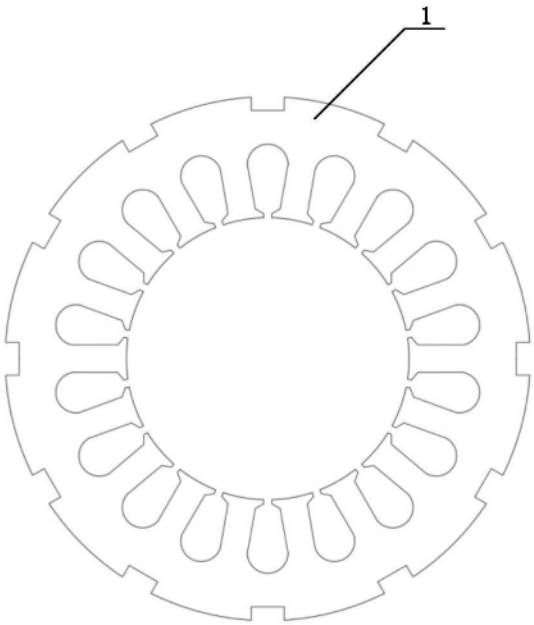


图7

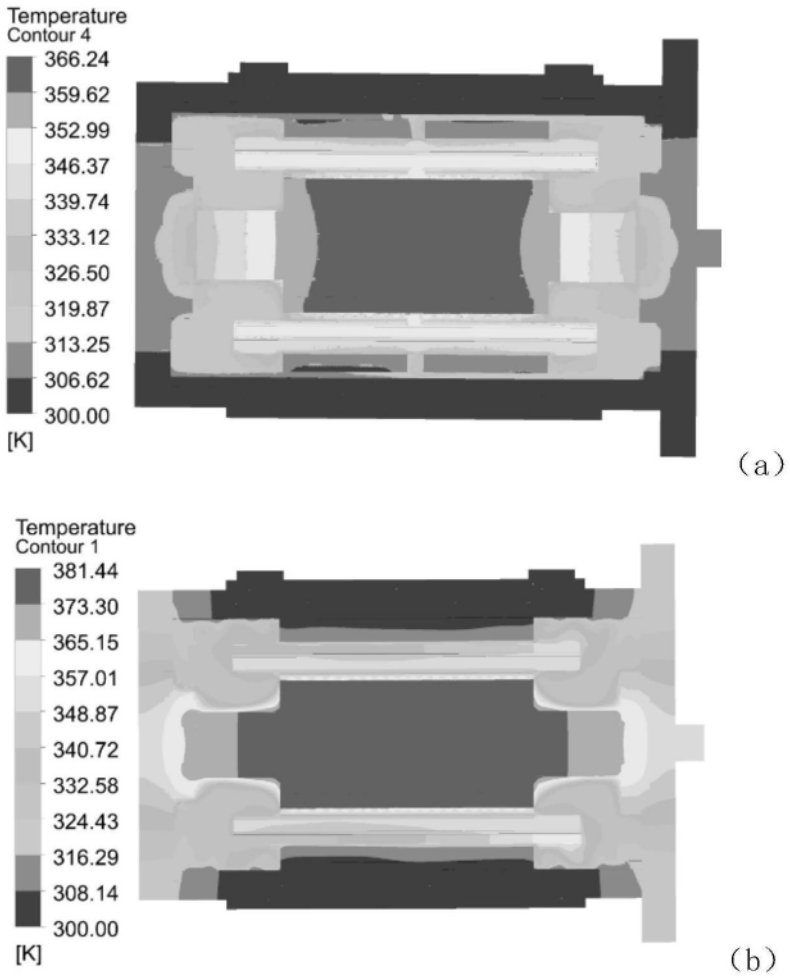
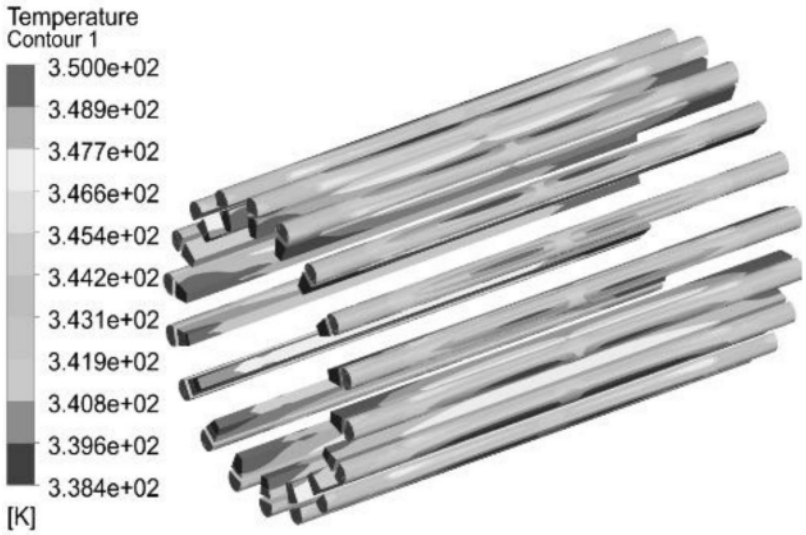
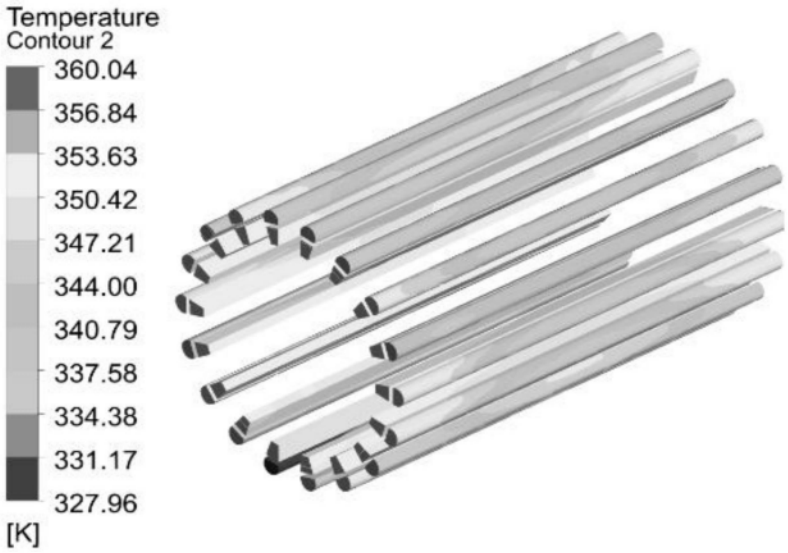

Temperature
Contour 4
366.24
359.62
352.99
346.37
339.74
333.12
326.50
319.87
313.25
306.62
300.00
[K]
(a)
Temperature
Contour 1
381.44
373.30
365.15
357.01
348.87
340.72
332.58
324.43
316.29
308.14
300.00
[K]
(b)

图8


Temperature
Contour 1
3.500e+02
3.489e+02
3.477e+02
3.466e+02
3.454e+02
3.442e+02
3.431e+02
3.419e+02
3.408e+02
3.396e+02
3.384e+02
[K]

(a)


Temperature
Contour 2
360.04
356.84
353.63
350.42
347.21
344.00
340.79
337.58
334.38
331.17
327.96
[K]

(b)

图9