



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 114046337 A

(43) 申请公布日 2022. 02. 15

(21) 申请号 202111349705.0

(22) 申请日 2021.11.15

(71) 申请人 内蒙古工业大学

地址 010051 内蒙古自治区呼和浩特市新
城区爱民街49号

(72) 发明人 宋力 董超宇 闫素英 陈永艳
田瑞

(74) 专利代理机构 济南鼎信专利商标代理事务
所(普通合伙) 37245

代理人 陈良

(51) Int.Cl.

F16F 15/315 (2006.01)

F16C 32/04 (2006.01)

H02N 15/00 (2006.01)

H02K 7/02 (2006.01)

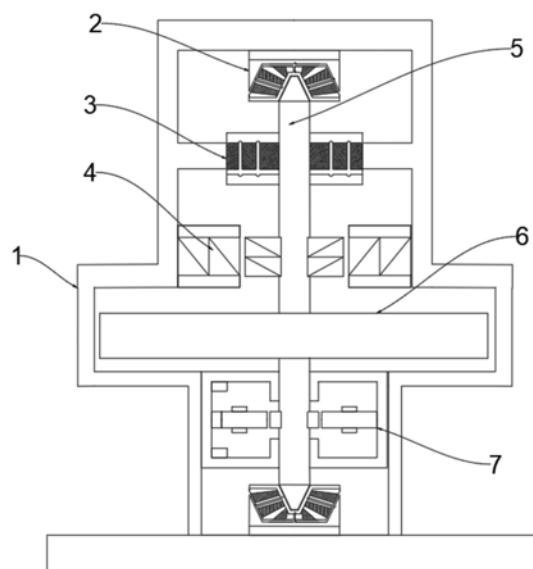
权利要求书2页 说明书5页 附图6页

(54) 发明名称

一种立式混合磁悬浮飞轮储能装置

(57) 摘要

本发明属于飞轮储能技术领域,尤其为一种立式混合磁悬浮飞轮储能装置,包括外壳,位于外壳内的飞轮转轴以及位于飞轮转轴上的飞轮,还包括位于飞轮转轴两端的轴向支撑锥形磁轴承,位于轴向支撑锥形磁轴承一侧且位于飞轮转轴一端外圆套设的径向支撑磁轴承,位于径向支撑磁轴承与飞轮之间的且设置在飞轮转轴外圆的动能磁阻电机,以及位于飞轮远离动能磁阻电机一侧且位于飞轮转轴一端外圆的混合磁轴承,该种立式混合磁悬浮飞轮储能装置,通过轴向支撑锥形磁轴承与径向支撑磁轴承的配合,既可以提供径向悬浮力,又可以提供轴向悬浮力,整个装置的结构简单,尤其转子无永磁体仅为导磁铁心,结构简单坚固,便于高速运行,提高了能量转换效率。



1. 一种立式混合磁悬浮飞轮储能装置,包括外壳(1),位于所述外壳(1)内的飞轮转轴(5)以及位于所述飞轮转轴(5)上的飞轮(6),其特征在于:还包括位于所述飞轮转轴(5)两端的轴向支撑锥形磁轴承(2),位于所述轴向支撑锥形磁轴承(2)一侧且位于飞轮转轴(5)一端外圆套设的径向支撑磁轴承(3),位于所述径向支撑磁轴承(3)与飞轮(6)之间的且设置在飞轮转轴(5)外圆的动能磁阻电机(4),以及位于所述飞轮(6)远离动能磁阻电机(4)一侧且位于飞轮转轴(5)一端外圆的混合磁轴承(7)。

2. 根据权利要求1所述的立式混合磁悬浮飞轮储能装置,其特征在于:所述轴向支撑锥形磁轴承(2)包括上磁导体一(21)、下磁导体一(22)、外永磁环一(23)、中永磁环一(24)、内永磁环一(25)与安全间隙一(26),上磁导体一(21)的顶端固定连接外壳(1)的顶端内壁,所述下磁导体一(22)固定连接飞轮转轴(5)的外圆,所述上磁导体一(21)与下磁导体一(22)之间且位于飞轮转轴(5)外侧环形设置有内永磁环一(25),所述内永磁环一(25)远离飞轮转轴(5)的一侧环形设置有中永磁环一(24),所述中永磁环一(24)远离内永磁环一(25)的一侧环形设置有外永磁环一(23),所述下磁导体一(22)与外永磁环一(23)、所述中永磁环一(24)和内永磁环一(25)之间均留有安全间隙一(26)。

3. 根据权利要求1所述的立式混合磁悬浮飞轮储能装置,其特征在于:所述径向支撑磁轴承(3)包括上磁导体二(31)、下磁导体二(32)、外永磁环二(33)、中永磁环二(34)、内永磁环二(35)与安全间隙二(36),上磁导体二(31)的一侧固定连接外壳(1)的内壁,所述下磁导体二(32)固定连接飞轮转轴(5)的外圆,所述上磁导体二(31)与下磁导体二(32)之间且位于飞轮转轴(5)外侧环形设置有内永磁环二(35),所述内永磁环二(35)远离飞轮转轴(5)的一侧环形设置有中永磁环二(34),所述中永磁环二(34)远离内永磁环二(35)的一侧环形设置有外永磁环二(33),所述下磁导体二(32)与外永磁环二(33)、所述中永磁环二(34)和内永磁环二(35)之间均留有安全间隙二(36)。

4. 根据权利要求1所述的立式混合磁悬浮飞轮储能装置,其特征在于:所述动能磁阻电机(4),包括绕线组(41)、悬浮绕线组(42)、电机定子(43)、电机转子(44)、径向间隙(45),所述电机转子(44)固定连接飞轮转轴(5)的外侧,所述电机定子(43)固定连接外壳(1)的内壁,且所述电机定子(43)与电机转子(44)之间留有径向间隙(45),且所述绕线组(41)与悬浮绕线组(42)相互交叠环绕在电机定子(43)上。

5. 根据权利要求1所述的立式混合磁悬浮飞轮储能装置,其特征在于:所述混合磁轴承(7)包括轴向定子(71)、径向定子(72)、轴承转子(73)、径向线圈(74)、轴向线圈(75)、径向永磁环(76)与轴向气隙(77),轴向定子(71)固定连接外壳(1)的内壁,所述轴向定子(71)上固定连接有两个轴向线圈(75),所述轴向定子(71)内圆周均分分布有若干径向定子(72)每个所述径向定子(72)上均交叠环绕有径向线圈(74),所述轴向定子(71)与径向定子(72)的交接处嵌装有径向永磁环(76),所述轴承转子(73)与径向定子(72)之间留有轴向气隙(77),所述轴承转子(73)与轴向定子(71)之间留有轴向气隙(77)。

6. 根据权利要求2所述的立式混合磁悬浮飞轮储能装置,其特征在于:所述外永磁环一(23)、所述中永磁环一(24)与内永磁环一(25),三者关于所述飞轮转轴(5)的径向由内而外间隔设置,且三者厚度相同,同轴心并排固定连接。

7. 根据权利要求2所述的立式混合磁悬浮飞轮储能装置,其特征在于:所述内永磁环一(25)和外永磁环一(23)沿飞轮转轴(5)的轴向负方向充磁,所述中永磁环一(24)环沿飞轮

转轴(5)的轴向正方向充磁,所述中永磁环一(24)轴向充磁面积等于内永磁环一(25)和外永磁环一(23)轴向充磁面积之和。

8.根据权利要求3所述的立式混合磁悬浮飞轮储能装置,其特征在于:所述外永磁环二(33)、所述中永磁环二(34)与内永磁环二(35),三者关于所述飞轮转轴(5)的径向由内而外间隔设置,且三者厚度相同,同轴心并排固定连接。

9.根据权利要求3所述的立式混合磁悬浮飞轮储能装置,其特征在于:所述内永磁环二(35)和外永磁环二(33)沿飞轮转轴(5)的轴向负方向充磁,中永磁环二(34)环沿飞轮转轴(5)的轴向正方向充磁,所述中永磁环二(34)轴向充磁面积等于内永磁环二(35)和外永磁环二(33)轴向充磁面积之和。

10.根据权利要求5所述的立式混合磁悬浮飞轮储能装置,其特征在于:两个所述轴向线圈(75)通直流电,所述径向线圈(74)通三相交流电。

一种立式混合磁悬浮飞轮储能装置

技术领域

[0001] 本发明属于飞轮储能技术领域,具体涉及一种立式混合磁悬浮飞轮储能装置。

背景技术

[0002] 随着新能源、智能电网和电动汽车等新兴产业的快速发展,储能技术成为当今世界一个重要的研究课题。目前,全球储能代表技术有抽水储能、压缩空气储能、蓄电池储能、超导储能、超级电容储能及飞轮储能等,其中飞轮储能是将电能转化为飞轮的旋转动能加以储存的一种物理储能技术,具备储能密度大、转换效率高、使用寿命长、充放电快捷、清洁无污染等优点。特别适合不间断电源、轨道交通和电力工程等领域,磁悬浮飞轮进行储能时,其电机作为电动机,由电动机驱动飞轮使其高速旋转,将电能转化为机械能储存起来,磁悬浮飞轮放电时,此时其电机作为发电机,由飞轮带动发电机发电,将飞轮的机械能转化为电能输出给用电设备,其中感应电机能耗大、调速范围窄、能量转换效率低,而永磁电机高速运行磁滞损耗大、嵌装的永磁体的转子机械强度差、永磁体高温下退磁现象严重。

[0003] 为此,设计一种立式混合磁悬浮飞轮储能装置来解决上述问题。

发明内容

[0004] 为解决上述背景技术中提出的问题。本发明提供了一种立式混合磁悬浮飞轮储能装置,具备结构简单牢固、机械强度大、调速范围宽、运行效率高、临界转速高、空载几乎无损耗。

[0005] 为实现上述目的,本发明提供如下技术方案:一种立式混合磁悬浮飞轮储能装置,包括外壳,位于外壳内的飞轮转轴以及位于飞轮转轴上的飞轮,还包括位于飞轮转轴两端的轴向支撑锥形磁轴承,位于轴向支撑锥形磁轴承一侧且位于飞轮转轴一端外圆套设的径向支撑磁轴承,位于径向支撑磁轴承与飞轮之间的且设置在飞轮转轴外圆的动能磁阻电机,以及位于飞轮远离动能磁阻电机一侧且位于飞轮转轴一端外圆的混合磁轴承。

[0006] 作为本发明一种立式混合磁悬浮飞轮储能装置优选的,轴向支撑锥形磁轴承包括上磁导体一、下磁导体一、外永磁环一、中永磁环一、内永磁环一与安全间隙一,上磁导体一的顶端固定连接外壳的顶端内壁,下磁导体一固定连接飞轮转轴的外圆,上磁导体一与下磁导体一之间且位于飞轮转轴外侧环形设置有内永磁环一,内永磁环一远离飞轮转轴的一侧环形设置有中永磁环一,中永磁环一远离内永磁环一的一侧环形设置有外永磁环一,下磁导体一与外永磁环一、中永磁环一和内永磁环一之间均留有安全间隙一。

[0007] 作为本发明一种立式混合磁悬浮飞轮储能装置优选的,径向支撑磁轴承包括上磁导体二、下磁导体二、外永磁环二、中永磁环二、内永磁环二与安全间隙二,上磁导体二的一侧固定连接外壳的内壁,下磁导体二固定连接飞轮转轴的外圆,上磁导体二与下磁导体二之间且位于飞轮转轴外侧环形设置有内永磁环二,内永磁环二远离飞轮转轴的一侧环形设置有中永磁环二,中永磁环二远离内永磁环二的一侧环形设置有外永磁环二,下磁导体二与外永磁环二、中永磁环二和内永磁环二之间均留有安全间隙二。

[0008] 作为本发明一种立式混合磁悬浮飞轮储能装置优选的,动能磁阻电机,包括绕线组、悬浮绕线组、电机定子、电机转子、径向间隙,电机转子固定连接飞轮转轴的外侧,电机定子固定连接外壳的内壁,且电机定子与电机转子之间留有径向间隙,且绕线组与悬浮绕线组相互交叠环绕在电机定子上。

[0009] 作为本发明一种立式混合磁悬浮飞轮储能装置优选的,混合磁轴承包括轴向定子、径向定子、轴承转子、径向线圈、轴向线圈、径向永磁环与轴向气隙,轴向定子固定连接外壳的内壁,轴向定子上固定连接有两个轴向线圈,轴向定子内圆周均分布有若干径向定子每个径向定子上均交叠环绕有径向线圈,轴向定子与径向定子的交接处嵌装有径向永磁环。轴承转子与径向定子之间留有轴向气隙,轴承转子与轴向定子之间留有轴向气隙。

[0010] 作为本发明一种立式混合磁悬浮飞轮储能装置优选的,外永磁环一、中永磁环一与内永磁环一,三者关于飞轮转轴的径向由内而外间隔设置,且三者厚度相同,同轴心并排固定连接。

[0011] 作为本发明一种立式混合磁悬浮飞轮储能装置优选的,内永磁环一和外永磁环一沿飞轮转轴的轴向负方向充磁,中永磁环一环沿飞轮转轴的轴向正方向充磁,中永磁环一轴向充磁面积等于内永磁环一和外永磁环一轴向充磁面积之和。

[0012] 作为本发明一种立式混合磁悬浮飞轮储能装置优选的,外永磁环二、中永磁环二与内永磁环二,三者关于飞轮转轴的径向由内而外间隔设置,且三者厚度相同,同轴心并排固定连接。

[0013] 作为本发明一种立式混合磁悬浮飞轮储能装置优选的,内永磁环二和外永磁环二沿飞轮转轴的轴向负方向充磁,中永磁环二环沿飞轮转轴的轴向正方向充磁,中永磁环二轴向充磁面积等于内永磁环二和外永磁环二轴向充磁面积之和。

[0014] 作为本发明一种立式混合磁悬浮飞轮储能装置优选的,两个轴向线圈通直流电,径向线圈通三相交流电。

[0015] 与现有技术相比,本发明的有益效果是:

[0016] 1、该种立式混合磁悬浮飞轮储能装置,通过轴向支撑锥形磁轴承与径向支撑磁轴承的配合,既可以提供径向悬浮力,又可以提供轴向悬浮力,从而减小了只靠轴向轴承承受转子系统重力的负担,提高了轴向轴承的可靠性,延长了轴向轴承使用寿命,也降低了功耗;

[0017] 2、整个装置的结构简单,尤其转子无永磁体仅为导磁铁心,结构简单坚固,便于高速、超高速运行,有利于提高飞轮的极限转速,进而提高该飞轮储能系统的储能容量,同时采用高效的动能磁阻电机,减少了损耗、提高了能量转换效率;

[0018] 3、该装置机械强度大、调速范围宽、运行效率高、临界转速高、空载几乎无损耗等一系列其它电机无法比拟的优点。

附图说明

[0019] 附图用来提供对本发明的进一步理解,并且构成说明书的一部分,与本发明的实施例一起用于解释本发明,并不构成对本发明的限制。在附图中:

[0020] 图1为本发明的结构示意图;

[0021] 图2为本发明中外壳内部结构示意图;

- [0022] 图3为本发明中轴向支撑磁轴承的结构剖视示意图；
- [0023] 图4为本发明中径向支撑磁轴承的结构剖视示意图；
- [0024] 图5为本发明中动能磁阻电机的结构剖视示意图；
- [0025] 图6为本发明中外壳内部的结构示意图；
- [0026] 图7为本发明中混合磁轴承的结构示意图；
- [0027] 图8为本发明中混合磁轴承的结构剖视示意图；
- [0028] 图中：
- [0029] 1、外壳；5、飞轮转轴；6、飞轮；
- [0030] 2、轴向支撑锥形磁轴承；21、上磁导体一；22、下磁导体一；23、外永磁环一；24、中永磁环一；25、内永磁环一；26、安全间隙一；
- [0031] 3、径向支撑磁轴承；31、上磁导体二；32、下磁导体二；33、外永磁环二；34、中永磁环二；35、内永磁环二；36、安全间隙二；
- [0032] 4、动能磁阻电机；41、绕线组；42、悬浮绕线组；43、电机定子；44、电机转子；45、径向间隙；
- [0033] 7、混合磁轴承；71、轴向定子；72、径向定子；73、轴承转子；74、径向线圈；75、轴向线圈；76、径向永磁环；77、轴向气隙。

具体实施方式

[0034] 下面将结合本发明实施例中的附图，对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述，显然，所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例，而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例，本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例，都属于本发明保护的范围。

[0035] 如图1所示；

[0036] 一种立式混合磁悬浮飞轮储能装置，包括外壳1，位于外壳1内的飞轮转轴5以及位于飞轮转轴5上的飞轮6。

[0037] 本实施方案中：现有的立式混合磁悬浮飞轮储能装置，磁悬浮飞轮6进行储能时，其电机作为电动机，由电动机驱动飞轮6使其高速旋转，将电能转化为机械能储存起来，磁悬浮飞轮6放电时，此时其电机作为发电机，由飞轮6带动发电机发电，将飞轮6的机械能转化为电能输出给用电设备。

[0038] 需要说明的是：外壳1起安全防护、防尘或保持内部真空，同时起到减少飞轮6旋转时的阻力，提高转速进而提高飞轮6的储能密度。

[0039] 如图1、图2、图3、图4、图5、图6、图7、图8所示：

[0040] 结合上述内容，还包括位于飞轮转轴5两端的轴向支撑锥形磁轴承2，位于轴向支撑锥形磁轴承2一侧且位于飞轮转轴5一端外圆套设的径向支撑磁轴承3，位于径向支撑磁轴承3与飞轮6之间的且设置在飞轮转轴5外圆的动能磁阻电机4，以及位于飞轮6远离动能磁阻电机4一侧且位于飞轮转轴5一端外圆的混合磁轴承7。

[0041] 本实施方案中：通过轴向支撑锥形磁轴承2与径向支撑磁轴承3的配合，保证径向与轴向稳定悬浮，既可以提供径向悬浮力，又可以提供轴向悬浮力，从而减小了只靠轴向轴承承受转子系统重力的负担，提高了轴向轴承的可靠性，延长了轴向轴承使用寿命，也降低

了功耗同时保证动能磁阻电机4的稳定工作,当飞轮6受到外界干扰时,飞轮6的径向或者轴向间隙发生变化时,通过控制器增加或减少轴向支撑锥形磁轴承2与径向支撑磁轴承3和混合磁轴承7的电磁线圈中的电流,进而增大或减小轴向支撑锥形磁轴承2与径向支撑磁轴承3和混合磁轴承7的磁力,以保持飞轮6系统的旋转部分和静止部分间隙均匀和稳定悬浮,消除外部的干扰,达到自稳定运转。

[0042] 应当理解的是:轴向支撑锥形磁轴承2包括上磁导体一21、下磁导体一22、外永磁环一23、中永磁环一24、内永磁环一25与安全间隙一26,上磁导体一21的顶端固定连接外壳1的顶端内壁,下磁导体一22固定连接飞轮转轴5的外圆,上磁导体一21与下磁导体一22之间且位于飞轮转轴5外侧环形设置有内永磁环一25,内永磁环一25远离飞轮转轴5的一侧环形设置有中永磁环一24,中永磁环一24远离内永磁环一25的一侧环形设置有外永磁环一23,下磁导体一22与外永磁环一23、中永磁环一24和内永磁环一25之间均留有安全间隙一26,安全间隙一26为0.2~0.5mm,能减少飞轮6在旋转时飞轮转轴5的两端与轴向支撑锥形磁轴承2之间的磨损,消除外部的干扰,达到自稳定运转,且外永磁环一23、中永磁环一24与内永磁环一25,三者关于飞轮转轴5的径向由内而外间隔设置,且三者厚度相同,同轴心并排固定连接,且内永磁环一25和外永磁环一23沿飞轮转轴5的轴向负方向充磁,中永磁环一24环沿飞轮转轴5的轴向正方向充磁,中永磁环一24轴向充磁面积等于内永磁环一25和外永磁环一23轴向充磁面积之和,外永磁环一23、中永磁环一24与内永磁环一25提供的偏置磁场在下磁导体一22表面产生沿飞轮转轴5的轴向的磁力。

[0043] 需要说明的是:径向支撑磁轴承3包括上磁导体二31、下磁导体二32、外永磁环二33、中永磁环二34、内永磁环二35与安全间隙二36,上磁导体二31的一侧固定连接外壳1的内壁,下磁导体二32固定连接飞轮转轴5的外圆,上磁导体二31与下磁导体二32之间且位于飞轮转轴5外侧环形设置有内永磁环二35,内永磁环二35远离飞轮转轴5的一侧环形设置有中永磁环二34,中永磁环二34远离内永磁环二35的一侧环形设置有外永磁环二33,下磁导体二32与外永磁环二33、中永磁环二34和内永磁环二35之间均留有安全间隙二36,安全间隙二36为0.2~0.5mm,能减少飞轮6在旋转时飞轮转轴5的两端与径向支撑磁轴承3之间的磨损,消除外部的干扰,外永磁环二33、中永磁环二34与内永磁环二35,三者关于飞轮转轴5的径向由内而外间隔设置,且三者厚度相同,同轴心并排固定连接,内永磁环二35和外永磁环二33沿飞轮转轴5的轴向负方向充磁,中永磁环二34环沿飞轮转轴5的轴向正方向充磁,中永磁环二34轴向充磁面积等于内永磁环二35和外永磁环二33轴向充磁面积之和,外永磁环二33、中永磁环二34与内永磁环二35提供的偏置磁场在下磁导体二32表面产生沿飞轮转轴5的轴向的磁力。

[0044] 在一个可选的实施例中:混合磁轴承7包括轴向定子71、径向定子72、轴承转子73、径向线圈74、轴向线圈75、径向永磁环76与轴向气隙77,轴向定子71固定连接外壳1的内壁,轴向定子71上固定连接有两个轴向线圈75,轴向定子71内圆周均分分布有若干径向定子72每个径向定子72上均交叠环绕有径向线圈74,轴向定子71与径向定子72的交接处嵌装有径向永磁环76。轴承转子73与径向定子72之间留有轴向气隙77,轴承转子73与轴向定子71之间留有轴向气隙77,两个轴向线圈75通直流电,径向线圈74通三相交流电,在工作时轴向的两个轴向线圈75通直流电对轴向单自由度进行控制,沿圆周均匀分布的若干径向线圈74绕组通以三相交流电产生可旋转的合成磁通来控制径向的两个自由度,该混合磁轴承7配合

径向支撑磁轴承3完成轴向自由度的可控悬浮,同时提供径向两自由度的悬浮力,并与动能磁阻电机4之间配合完成储能装置的全悬浮状态。

[0045] 在一个可选的实施例中:动能磁阻电机4,包括绕线组41、悬浮绕线组42、电机定子43、电机转子44、径向间隙45,电机转子44固定连接飞轮转轴5的外侧,电机定子43固定连接外壳1的内壁,且电机定子43与电机转子44之间留有径向间隙45,该间隙为0.2~0.5mm,能减少飞轮6在旋转时飞轮转轴5的两端与动能磁阻电机4之间的磨损,提高飞轮6的悬浮效果,且绕线组41与悬浮绕线组42相互交叠环绕在电机定子43上,悬浮绕线组42根据径向负载和转矩绕组电流的变化,计算悬浮力所需电流,实现稳定悬浮运行。

[0046] 最后应说明的是:以上所述仅为本发明的优选实施例而已,并不用于限制本发明,尽管参照前述实施例对本发明进行了详细的说明,对于本领域的技术人员来说,其依然可以对前述各实施例所记载的技术方案进行修改,或者对其中部分技术特征进行等同替换。凡在本发明的精神和原则之内,所作的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

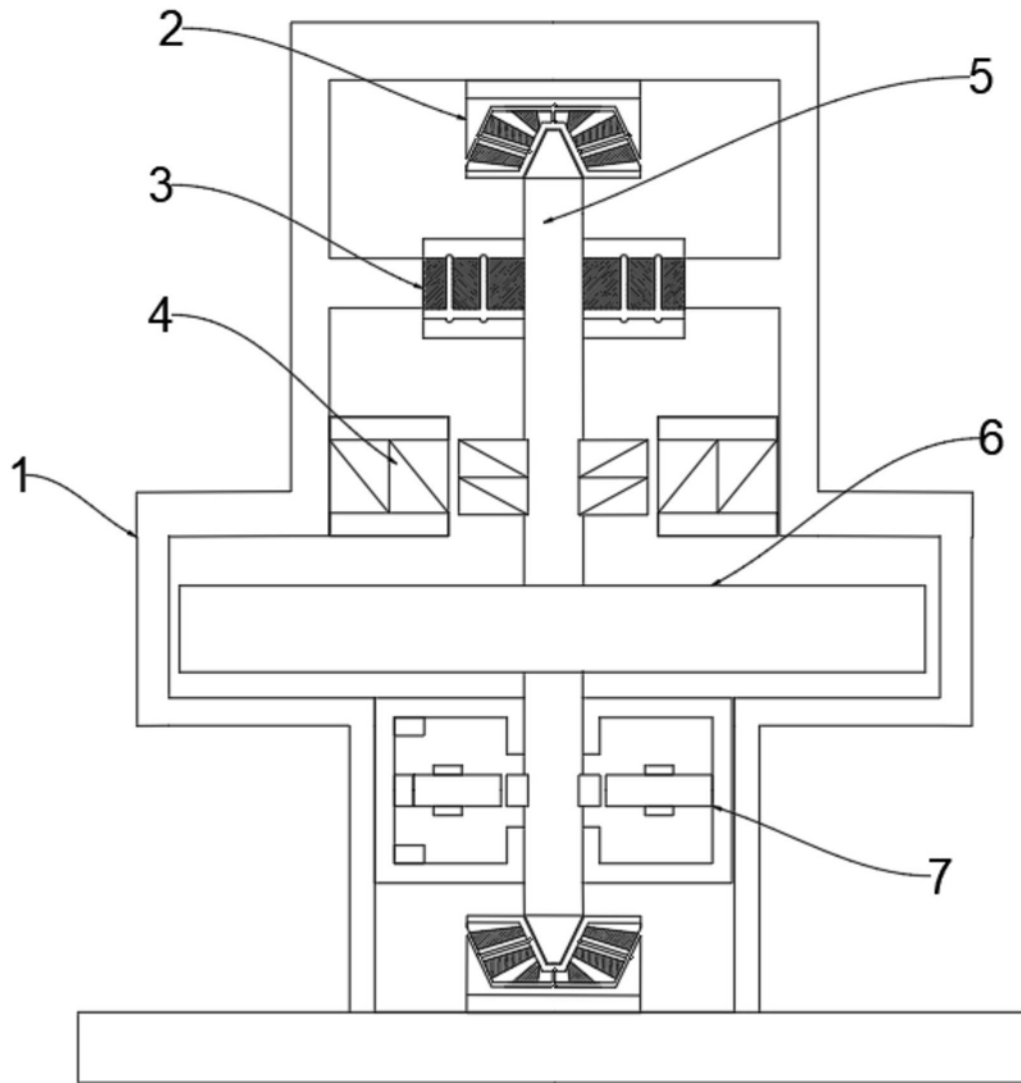


图1

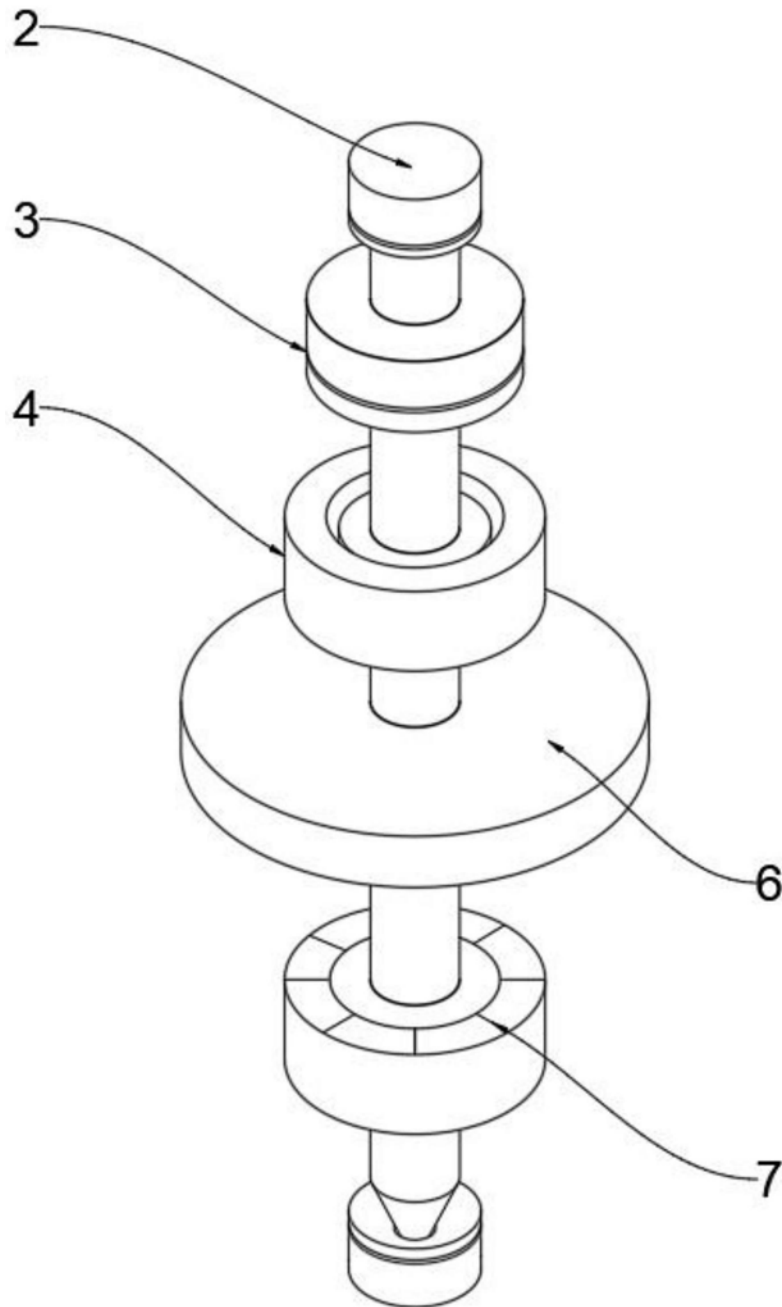


图2

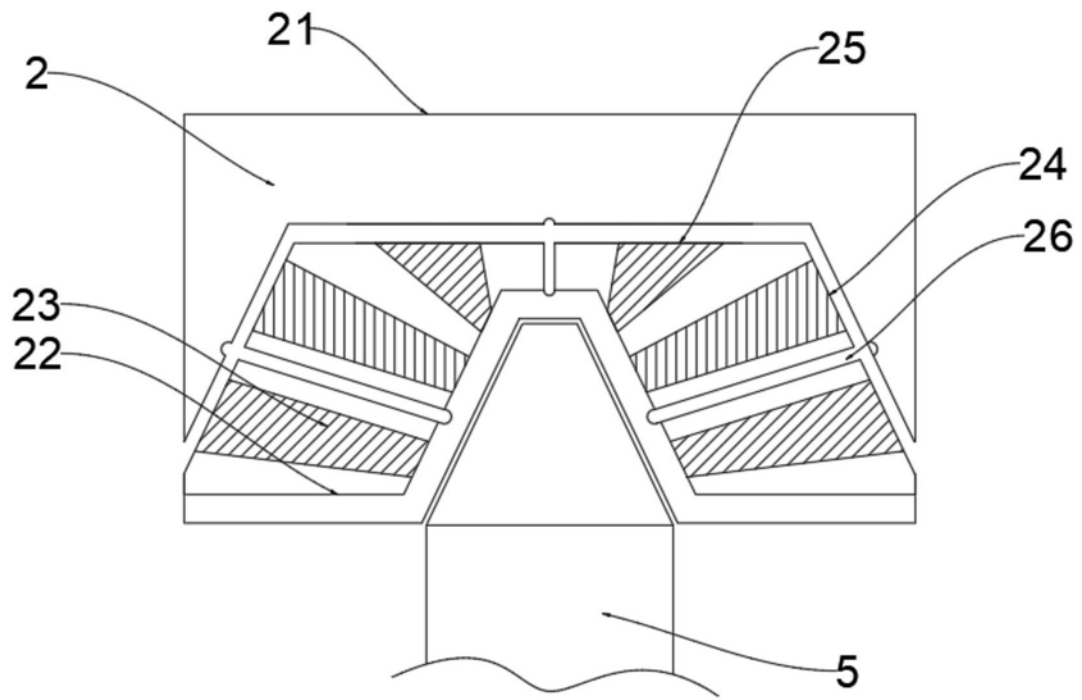


图3

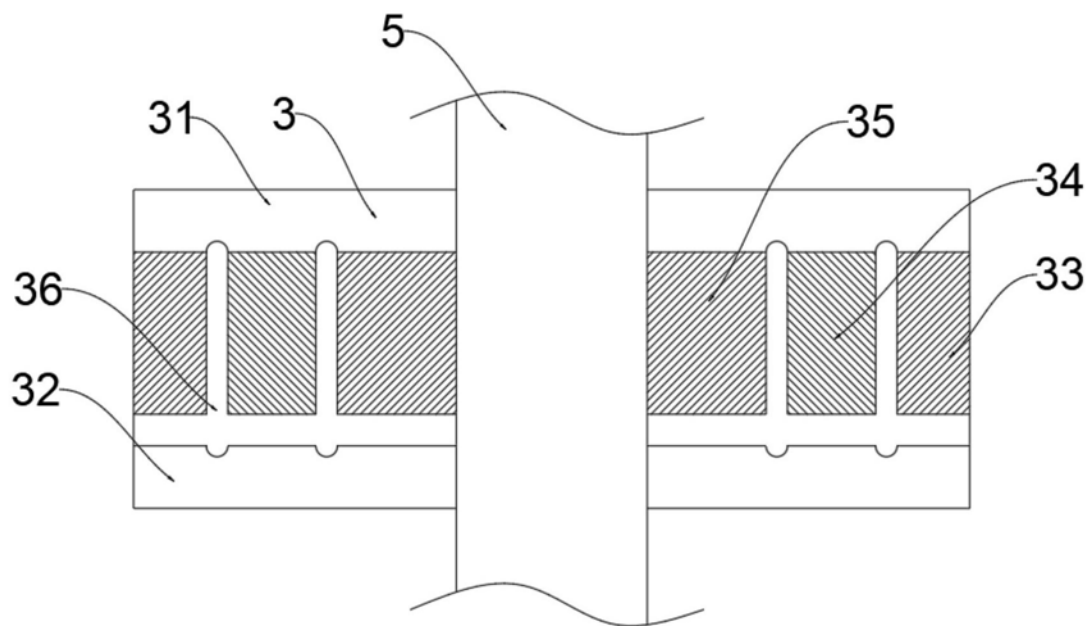


图4

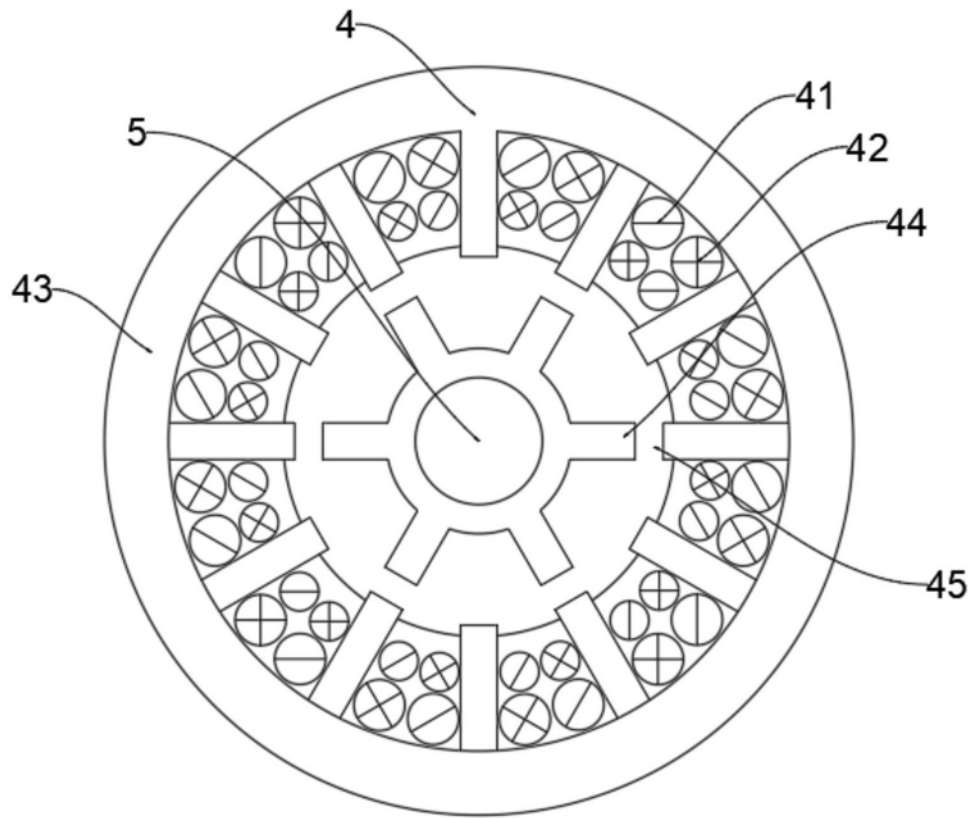


图5

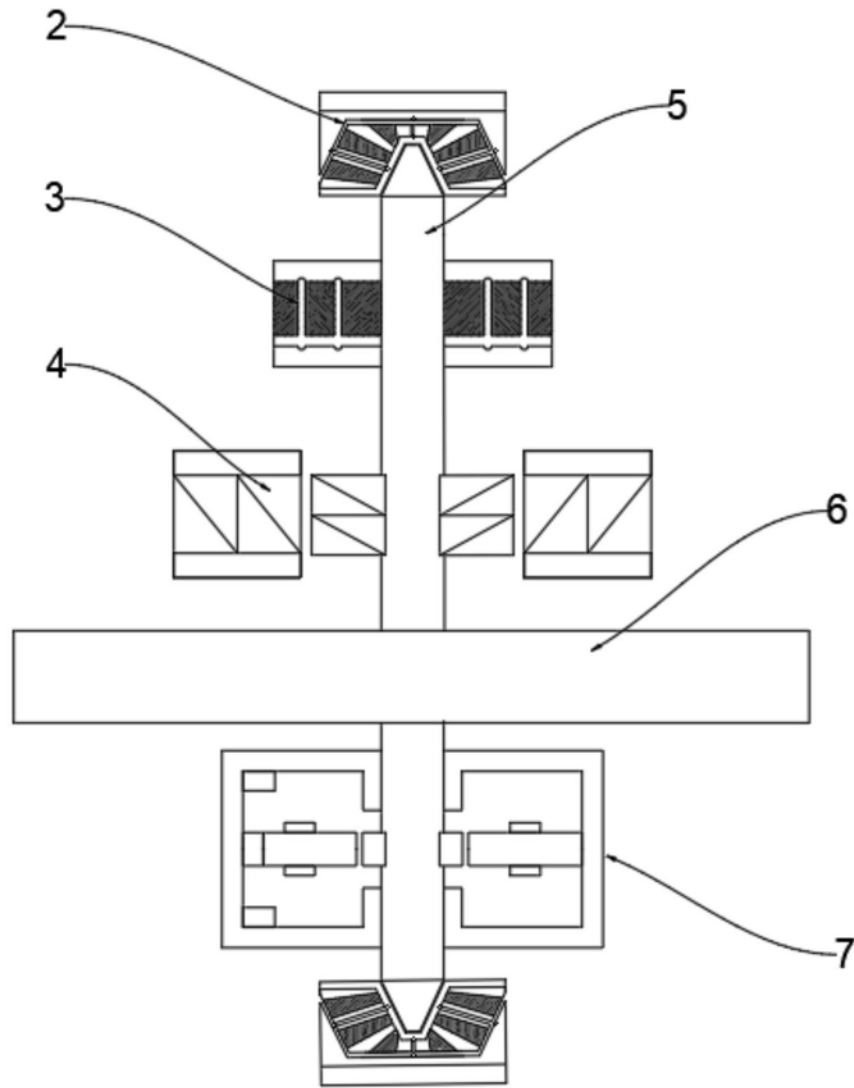


图6

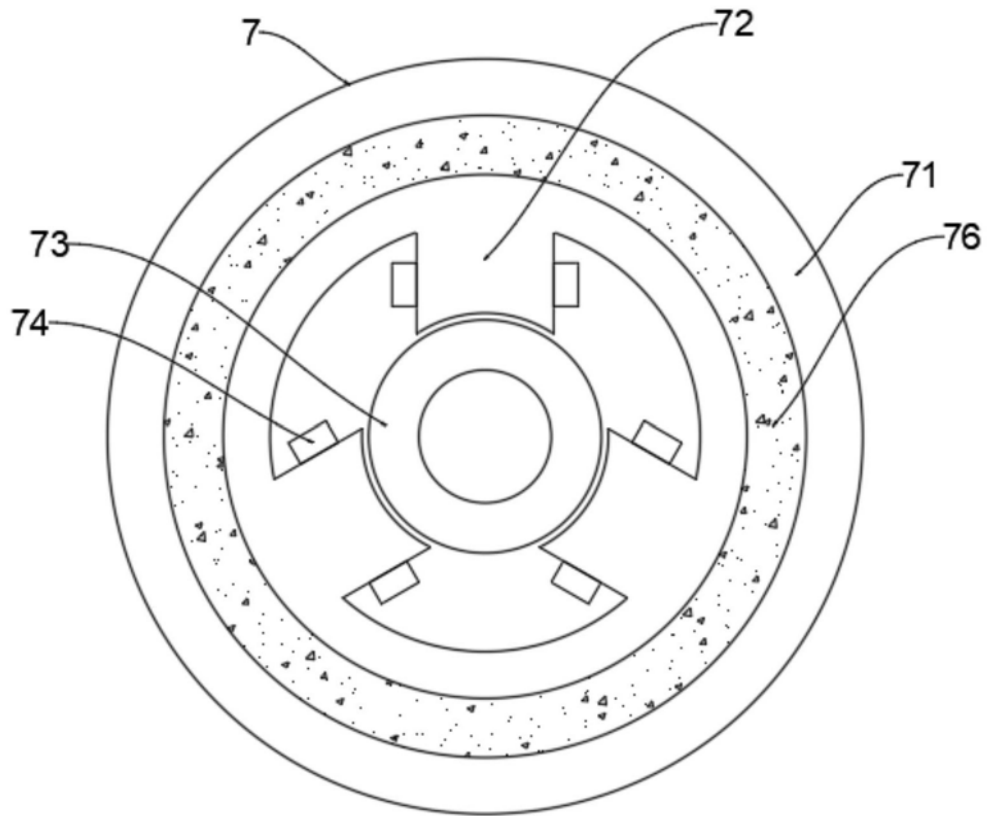


图7

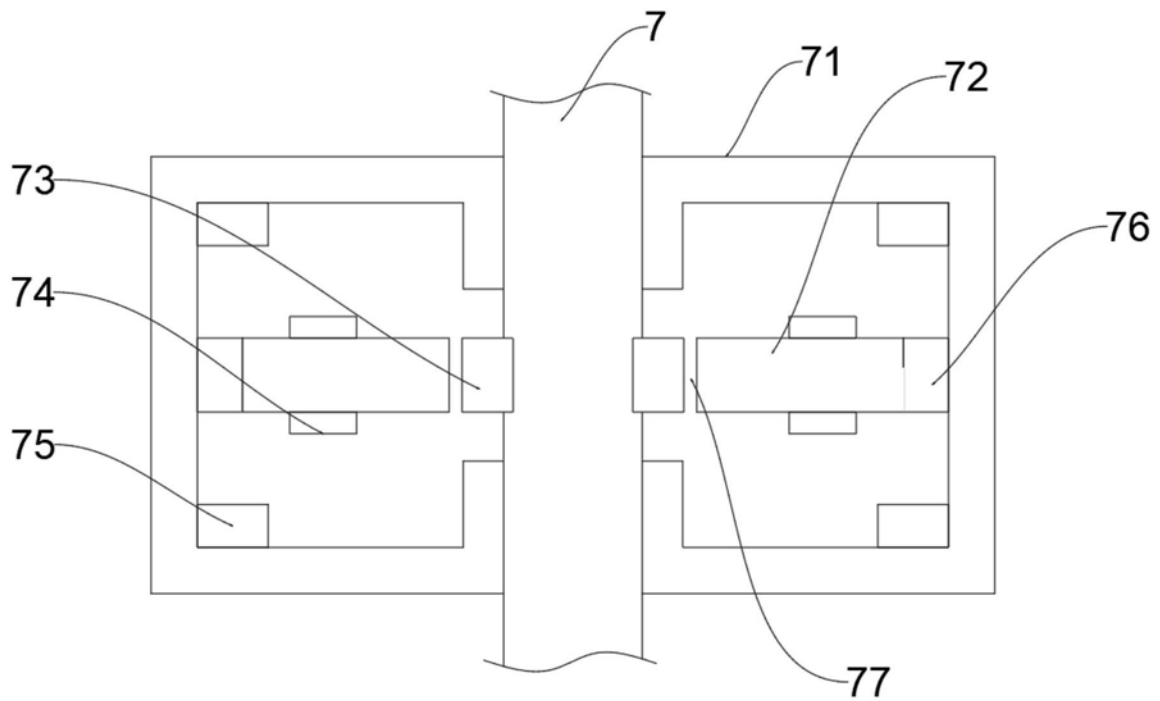


图8