



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 109462319 B

(45)授权公告日 2020.02.14

(21)申请号 201811361411.8

H02K 3/28(2006.01)

(22)申请日 2018.11.15

H02K 1/16(2006.01)

(65)同一申请的已公布的文献号

H02K 1/27(2006.01)

申请公布号 CN 109462319 A

H02K 21/04(2006.01)

(43)申请公布日 2019.03.12

审查员 周大瑞

(73)专利权人 山东大学

地址 250061 山东省济南市历下区经十路
17923号

(72)发明人 朱常青 杨玉波 魏蓓

(74)专利代理机构 济南圣达知识产权代理有限
公司 37221

代理人 李琳

(51)Int.Cl.

H02K 21/14(2006.01)

H02K 3/16(2006.01)

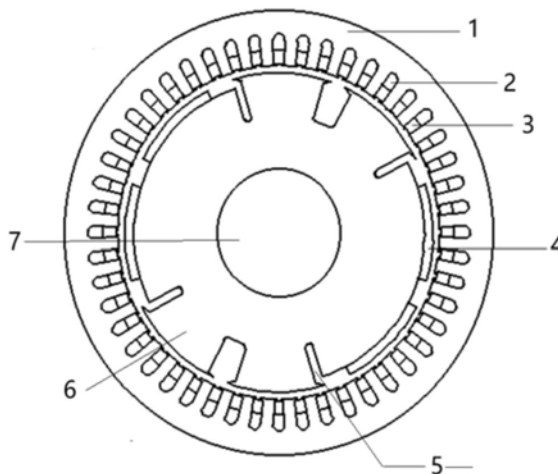
权利要求书1页 说明书4页 附图2页

(54)发明名称

无刷混合磁极式同步发电机及其方法

(57)摘要

本公开提供了一种无刷混合磁极式同步发电机及其方法,电机包括定子和转子,所述定子和转子同轴安装,所述定子的定子槽分为上下两层,上层槽中嵌放三相分布式电枢绕组,下层槽中放置单相直流励磁绕组,所述转子的转子铁芯一部分外表面贴有永磁体,转子内至少有一部分是铁磁磁极,所述铁磁磁极的内部开有转子槽,转子槽放置有转子感应绕组,当负载引起电枢电流变化或者电机转速发生变化时,通过调节直流励磁电流对电机磁场进行调节,保持电机输出电压的稳定。



1. 一种无刷混合磁极式同步发电机,其特征是:包括定子和转子,所述定子和转子同轴安装,所述定子的定子槽分为上下两层,上层槽中嵌放三相分布式电枢绕组,下层槽中放置单相直流励磁绕组,所述转子的转子铁芯一部分外表面贴有永磁体,转子内至少有一部分是铁磁磁极,所述铁磁磁极的内部开有转子槽,转子槽放置有转子感应绕组,当负载引起电枢电流变化或者电机转速发生变化时,通过调节直流励磁电流对电机磁场进行调节,保持电机输出电压的稳定;

所述转子槽为冲压半开口槽;

所述永磁体分两组分布,每组永磁体具有两个相邻的永磁体;

所述转子的成对铁磁磁极和每组永磁体交替排列;

所述转子上的永磁体极数与铁磁磁极极数的和等于电枢绕组极数。

2. 如权利要求1所述的一种无刷混合磁极式同步发电机,其特征是:所述永磁体与铁磁磁极的数量根据调压范围要求进行设置。

3. 如权利要求1所述的一种无刷混合磁极式同步发电机,其特征是:所述定子的定子槽整体为斜槽结构,以减少齿槽转矩。

4. 如权利要求1所述的一种无刷混合磁极式同步发电机,其特征是:所述转子感应绕组为集中绕组,转子感应绕组串联二极管后自行短接。

5. 如权利要求1所述的一种无刷混合磁极式同步发电机,其特征是:所述转子感应绕组形成的磁场在气隙中产生的磁势方向与永磁体的励磁方向根据强磁或弱磁的需要相应地选择为相同或相反。

6. 如权利要求1所述的一种无刷混合磁极式同步发电机,其特征是:所述定子铁芯和转子铁芯由同型号硅钢片冲制而成。

7. 如权利要求1所述的一种无刷混合磁极式同步发电机,其特征是:所述定子电枢绕组极数等于定子上的直流励磁绕组的极数的倍数。

8. 如权利要求1所述的一种无刷混合磁极式同步发电机,其特征是:气隙磁场的强弱通过控制定子励磁绕组的电流大小进行调节。

9. 权利要求1-8中任一项所述的无刷混合磁极式同步发电机的运行方法,其特征是:当转子中只有永磁体励磁时,气隙磁场完全由永磁体产生,此时电机为普通三相永磁同步发电机;当定子励磁绕组通入直流电时,转子感应绕组通过电磁感应作用产生感应电流,感应电流产生的励磁磁场随转子的旋转作用于定子三相电枢绕组,此时电机为混合励磁同步发电机;感应绕组磁动势与永磁体磁动势在电机气隙内并联,且感应励磁效果的强弱通过控制定子励磁绕组的电流大小进行调节;

所述的无刷混合磁极式同步发电机采用永磁体的表贴式结构和转子铁磁磁极设计。

无刷混合磁极式同步发电机及其方法

技术领域

[0001] 本公开涉及一种无刷混合磁极式同步发电机及其方法。

背景技术

[0002] 本部分的陈述仅仅是提供了与本公开相关的背景技术信息，不必然构成在先技术。

[0003] 混合励磁电机集成了电励磁同步电机调磁方便和永磁同步电机效率高、转矩/质量比大等优点，同时又在最大程度上克服两者的缺点，因此自20世纪80年代被提出后就受到广泛关注，有较大的推广应用价值。但是到目前为止所提出的混合励磁方案大多数都存在一定的问题：对于有刷励磁结构，需要电刷滑环装置，使用不当容易产生火花；而对于能够实现无刷化的混合励磁电机，往往需要专门的无刷励磁系统造成电机结构较为复杂。针对此种现状本发明提出将感应励磁原理用于有刷混合磁极式同步发电机，采用这种结构方式，发电机不但具有高功率密度和灵活的磁场调节能力，同时因为没有电刷滑环结构而使得电机具有结构简单，运行可靠性高的特点。

[0004] 混合磁极式永磁同步发电机式是将永磁同步电机的一部分永磁体用铁磁体代替，沿电机转子圆周方向看，一部分是永磁体，一部分是铁磁磁极。由于转子上既有永磁体，也有励磁绕组，可以实现对气隙磁场的灵活调节，但转子励磁绕组需要通过电刷-滑环结构引入励磁电流，造成结构复杂，可靠性降低。

[0005] 感应励磁发电机是一种没有电刷滑环和励磁机的同步发电机，其利用感应原理产生磁动势作为励磁源，其结构简单，维护方便，特别是在恶劣环境中具有广泛的应用前景。但是由于磁动势感应系数较低，所需定子直流绕组安匝数较大，限制了其在大功率发电领域的应用。若将有刷式混合磁极式永磁同步电机与感应励磁电机相结合，通过合理的设计电机的结构，可以将这两种电机的优点合二为一，使电机既具有高效率大容量，又能对气隙磁场进行灵活的调节，而且无电刷-滑环结构，结构简单，性能可靠。

发明内容

[0006] 本公开为了解决上述问题，提出了一种无刷混合磁极式同步发电机及其方法，本公开不但具有高功率密度和灵活的磁场调节能力，而且因为没有电刷滑环结构而使得电机具有结构简单，运行可靠性高的特点。

[0007] 为了实现上述目的，本公开采用如下技术方案：

[0008] 一种无刷混合磁极式同步发电机，包括定子和转子，所述定子和转子同轴安装，所述定子的定子槽分为上下两层，上层槽中嵌放三相分布式电枢绕组，下层槽中放置单相直流励磁绕组，所述转子的转子铁芯一部分外表面贴有永磁体，转子内至少有一部分是铁磁磁极，所述铁磁磁极的内部开有转子槽，转子槽放置有转子感应绕组，当负载引起电枢电流变化或者电机转速发生变化时，通过调节直流励磁电流对电机磁场进行调节，保持电机输出电压的稳定。

- [0009] 作为进一步的限定,所述永磁体与铁磁磁极的数量根据调压范围要求进行设置。
- [0010] 作为进一步的限定,所述定子的定子槽整体为斜槽结构,以减少齿槽转矩。
- [0011] 作为进一步的限定,所述转子感应绕组为集中绕组,转子感应绕组串联二极管后自行短接。
- [0012] 作为进一步的限定,所述转子感应绕组形成的磁场在气隙中产生的磁势方向与永磁体的励磁方向根据强磁或弱磁的需要可以相同或相反。
- [0013] 作为进一步的限定,所述定子铁芯和转子铁芯由同型号硅钢片冲制而成。
- [0014] 作为进一步的限定,所述定子电枢绕组极数等于定子上的直流励磁绕组的极数的倍数。
- [0015] 作为进一步的限定,所述转子上的永磁体极数与铁磁磁极极数的和等于电枢绕组极数。
- [0016] 作为进一步的限定,气隙磁场的强弱通过控制定子励磁绕组的电流大小进行调节。
- [0017] 上述无刷混合磁极式同步发电机的运行方法,当转子中只有永磁体励磁时,气隙磁场完全由永磁体产生,此时电机为普通三相永磁同步发电机;当定子励磁绕组通入直流电时,转子感应绕组通过电磁感应作用产生感应电流,感应电流产生的励磁磁场随转子的旋转作用于定子三相电枢绕组,此时电机为混合励磁同步发电机;感应绕组磁动势与永磁体磁动势在电机气隙内并联,且感应励磁效果的强弱通过控制定子励磁绕组的电流大小进行调节。
- [0018] 与现有技术相比,本公开的有益效果为:
- [0019] 本公开集中了有刷混合磁极同步发电机和感应励磁发电机的优点。通过永磁体的表贴式结构和转子铁磁磁极的设计,既可以充分利用永磁体获得较大的功率输出,又可以提升电机的磁场调节能力。定子励磁绕组通入直流电时,转子感应绕组可以通过电磁感应原理获得感应电流进行励磁。当负载引起电枢电流变化或者电机转速发生变化时,可以通过调节直流励磁电流对电机磁场进行调节,保持电机输出电压的稳定。同时不需要在转子侧安装电刷滑环系统,保证了电机的可靠性和维护的便捷性。
- [0020] 本公开解决了永磁同步发电机磁场难以调节和感应励磁电机发电容量有限的问题,既可以充分利用永磁体获得较大的功率输出,又可以提升电机的磁场调节能力。

附图说明

- [0021] 构成本申请的一部分的说明书附图用来提供对本申请的进一步理解,本申请的示意性实施例及其说明用于解释本申请,并不构成对本申请的不当限定。
- [0022] 图1是无刷混合磁极式同步发电机的二维结构示意图;
- [0023] 图2(a)~(c)是电机定子和转子的绕组关系示意图;
- [0024] 图3是定子局部放大示意图。
- [0025] 其中:1-定子铁芯;2-定子上层槽;3-定子下层槽;4-永磁体;5-转子槽;6-转子铁芯;7-转轴; W_a -定子三相电枢绕组; W_e -定子直流励磁绕组; W_{f1} -转子感应绕组; W_{f2} -转子感应绕组; W_{f3} -转子感应绕组; W_{f4} -转子感应绕组; V_{f1} -二极管; V_{f2} -二极管; V_{f3} -二极管; V_{f4} -二极管;

具体实施方式：

[0026] 下面结合附图与实施例对本公开作进一步说明。

[0027] 应该指出,以下详细说明都是例示性的,旨在对本申请提供进一步的说明。除非另有指明,本文使用的所有技术和科学术语具有与本申请所属技术领域的普通技术人员通常理解的含义。

[0028] 需要注意的是,这里所使用的术语仅是为了描述具体实施方式,而非意图限制根据本申请的示例性实施方式。如在这里所使用的,除非上下文另外明确指出,否则单数形式也意图包括复数形式,此外,还应当理解的是,当在本说明书中使用术语“包含”和/或“包括”时,其指明存在特征、步骤、操作、器件、组件和/或它们的组合。

[0029] 在本公开中,术语如“上”、“下”、“左”、“右”、“前”、“后”、“竖直”、“水平”、“侧”、“底”等指示的方位或位置关系为基于附图所示的方位或位置关系,只是为了便于叙述本公开各部件或元件结构关系而确定的关系词,并非特指本公开中任一部件或元件,不能理解为对本公开的限制。

[0030] 本公开中,术语如“固接”、“相连”、“连接”等应做广义理解,表示可以是固定连接,也可以是一体地连接或可拆卸连接;可以是直接相连,也可以通过中间媒介间接相连。对于本领域的相关科研或技术人员,可以根据具体情况确定上述术语在本公开中的具体含义,不能理解为对本公开的限制。

[0031] 正如背景技术所介绍的,现有技术中存在感应励磁电机发电容量小,有刷混合磁极式同步电机电刷-滑环结构引起可靠性降低的问题,为了解决如上的技术问题,本申请提供了一种无刷混合磁极式同步发电机,该电机集中了有刷混合磁极同步发电机和感应励磁发电机的优点,通过定子励磁绕组与转子感应绕组的感应关系获得转子调磁磁势,既可以充分利用永磁体获得更大的功率输出,又可以灵活调节电机的气隙磁场,同时因转子没有电刷-滑环系统而结构简单,性能可靠。

[0032] 如图1和图3所示,一种无刷混合励磁式同步发电机,机壳内定子和转子同轴安装,其中所述定子的定子槽分为上下两层,上层槽2中嵌放三相分布式电枢绕组 W_a ,下层槽3中放置单相直流励磁绕组 W_e ,所述转子的转子铁芯6外表面一部分贴有永磁体4,转子铁芯6另一部分铁磁极上冲压有半开口槽5,在槽5中放置有转子感应绕组 $W_{f1} \sim W_{f4}$,所述永磁体4处气隙长度与感应绕组 $W_{f1} \sim W_{f4}$ 处气隙长度沿转子圆周表面不相等。

[0033] 定子的定子槽分为上下两层,上层槽中嵌放三相分布式电枢绕组,下层槽中放置单相直流励磁绕组,所述转子的转子铁芯外表面设有凹槽,凹槽表面贴有永磁体,转子的转子槽中放置有转子感应绕组,永磁体处气隙长度大于感应绕组处气隙长度。发电机运行时,既可以永磁体单独工作,也可以永磁体和感应绕组同时工作提供励磁,该结构设计解决了永磁同步发电机磁场难以调节和感应励磁电机发电容量有限的问题,因此既可以充分利用永磁体获得较大的功率输出,又可以提升电机的磁场调节能力。

[0034] 在具体实施中:

[0035] 定子的定子槽整体采用斜槽设计,所述三相分布式电枢绕组 W_a 和单相直流励磁绕组 W_e 如图2(b)和图2(c)所示。

[0036] 永磁体4为径向充磁方式。

[0037] 转子感应绕组 $W_{f1} \sim W_{f4}$ 为集中绕组,转子感应绕组 $W_{f1} \sim W_{f4}$ 串联二极管 $V_{f1} \sim V_{f4}$ 后自

行短接,如图2(c)所示。

[0038] 转子感应绕组 $W_{f1} \sim W_{f4}$ 的连接顺序要保证形成的磁场在气隙中产生的磁势方向与永磁体4的励磁方向相同或相反。

[0039] 转子感应绕组 $W_{f1} \sim W_{f4}$ 相邻绕组的两条线圈边放置于同一转子槽5内。

[0040] 定子铁芯1和转子铁芯6由同型号硅钢片冲制而成。

[0041] 一种无刷混合磁极式混合励磁同步发电机的运行方法,包括当转子中只有永磁体4励磁时,气隙磁场完全由永磁体4产生,此时电机为普通三相永磁同步发电机;当定子励磁绕组 W_e 通入直流电时,转子感应绕组 $W_{f1} \sim W_{f4}$ 通过电磁感应作用产生感应电流,感应电流产生的励磁磁场随转子的旋转作用于定子三相电枢绕组 W_a ,此时电机为混合励磁同步发电机。

[0042] 感应绕组 $W_{f1} \sim W_{f4}$ 磁动势与永磁体4磁动势在电机气隙内并联,且感应励磁效果的强弱通过控制定子励磁绕组 W_e 的电流大小进行调节。

[0043] 具体实施中,在遇到变频、变速、变负载的工况时,为了维持输出电压的稳定,在定子直流绕组 W_e 中通入直流电流,气隙中就建立起二极的静止磁场。当转子旋转时,由于转子感应绕组切割磁场,在 $W_{f1} \sim W_{f4}$ 中产生交变电势 $e_{f1} \sim e_{f4}$ 。 $e_{f1} \sim e_{f4}$ 经二极管 $V_{f1} \sim V_{f4}$ 进行半波整流,在 $W_{f1} \sim W_{f4}$ 中的电流 $i_{f1} \sim i_{f4}$ 为脉动的直流电流。该电流在气隙中建立的磁场与永磁体产生的磁场叠加后在气隙中旋转,在定子三相分布式绕组中感应出电动势。接上负载后,发电机将输出电功率。

[0044] 以上所述仅为本申请的优选实施例而已,并不用于限制本申请,对于本领域的技术人员来说,本申请可以有各种更改和变化。凡在本申请的精神和原则之内,所作的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本申请的保护范围之内。

[0045] 上述虽然结合附图对本公开的具体实施方式进行了描述,但并非对本公开保护范围的限制,所属领域技术人员应该明白,在本公开的技术方案的基础上,本领域技术人员不需要付出创造性劳动即可做出的各种修改或变形仍在本公开的保护范围以内。

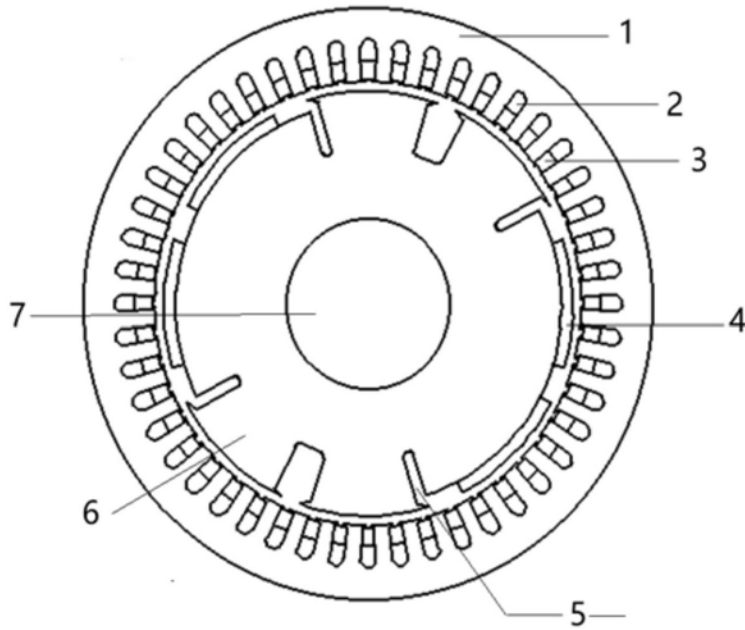


图1

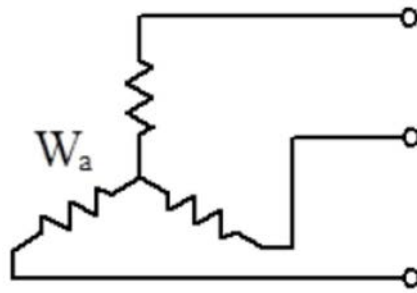


图2 (a)

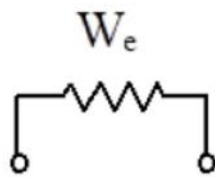


图2 (b)

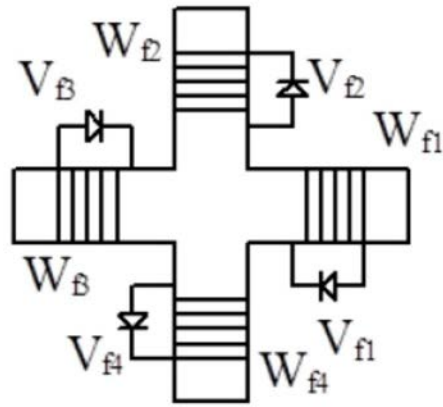


图2(c)

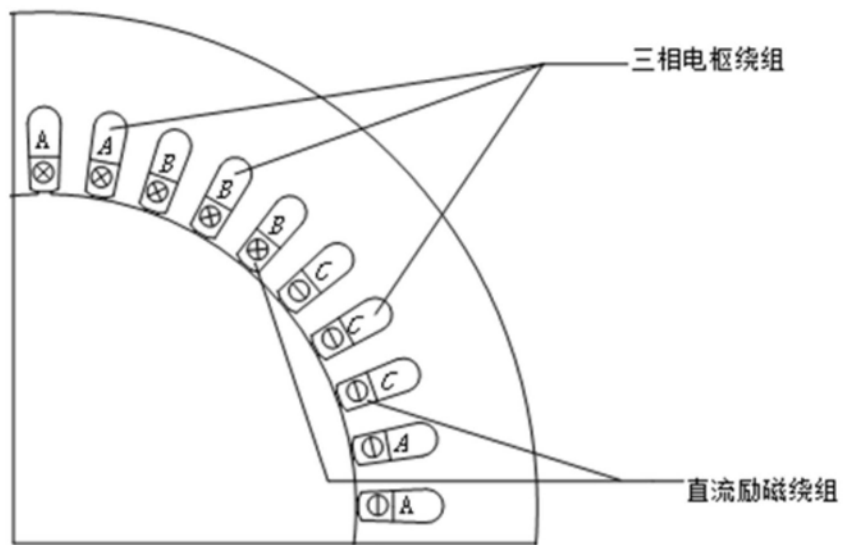


图3