



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107707093 A

(43)申请公布日 2018.02.16

(21)申请号 201710972050.X

(22)申请日 2017.10.18

(71)申请人 华中科技大学

地址 430074 湖北省武汉市洪山区珞喻路
1037号

(72)发明人 李大伟 崔濛萌 曲荣海 邹天杰

(74)专利代理机构 华中科技大学专利中心
42201

代理人 廖盈春 李智

(51) Int. Cl.

H02K 29/03(2006.01)

H02K 1/14(2006.01)

H02K 1/24(2006.01)

H02K 3/28(2006.01)

H02P 25/098(2016.01)

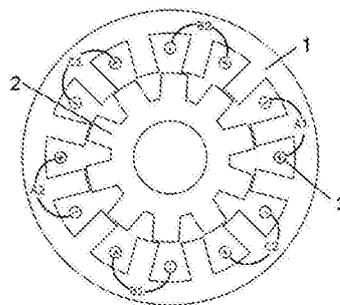
权利要求书1页 说明书5页 附图2页

(54)发明名称

一种电流谐波注入式游标磁阻电机及系统

(57)摘要

本发明公开了一种电流谐波注入式游标磁阻电机及系统,游标磁阻电机本体部分包括定子、转子以及绕组。定子和转子均为凸极结构,绕组为单层集中绕组,每相绕组中注入两个频率不同的正弦交流电流,在保证绕组中电流为三相对称电流的基础上,利用绕组内两个不同频率的正弦交流电流分量,产生两极对数相同但转速不同的电枢磁动势,其中一个磁势通过气隙磁导的调制作用,产生与另一电枢磁势极对数相同转速相同且有一定夹角的空间磁场。该磁场与另一电枢磁动势相互作用,从而产生转矩,实现机电能量转换。与现有技术相比,其电流利用率相比直流注入型游标磁阻电机提高11%;此外,该电机系统控制器部分的复杂程度显著减小,成本也大幅降低。



1. 一种电流谐波注入式游标磁阻电机, 其特征在于, 包括定子、转子以及三相绕组, 每相绕组仅有一个端口与外部电路连接, 每相绕组中通入的电流由两频率不同的正弦电流分量叠加而成; 其中, 一正弦电流分量产生的旋转磁势与气隙磁导作用产生调制磁场, 再与另一个正弦电流分量产生的旋转磁势相互作用, 产生转矩。

2. 如权利要求1所述的游标磁阻电机, 其特征在于, 绕组极对数满足 $P_a = \frac{1}{2}N_r$ 或 $P_a = \frac{1}{2}|N_s - N_r|$;

其中, P_a 为绕组极对数, N_r 为转子槽数, N_s 为定子槽数。

3. 如权利要求1或2所述的游标磁阻电机, 其特征在于, 当注入A、B、C三相中的两正弦电流分量相序相同时, 两个正弦电流的角频率满足公式 $|\omega_1 + \omega_2| = \omega_r$, 当注入A、B、C三相中的两正弦电流分量相序不同时, 两个正弦电流的角频率满足 $|\omega_1 - \omega_2| = \omega_r$;

式中, ω_1 为第一个正弦电流的角频率, ω_2 为第二个正弦电流的角频率, ω_r 为转子角频率。

4. 如权利要求1至3任一项所述的游标磁阻电机, 其特征在于, 当所述同一相绕组中两个正弦电流分量的有效值相等且相位角相差 90° 时, 游标磁阻电机转矩最大。

5. 如权利要求1至4任一项所述的游标磁阻电机, 其特征在于, 绕组采用星形和三角形混合连接方式, 且转子采用不等齿距结构。

6. 如权利要求5所述的游标磁阻电机, 其特征在于, 所述采用星形连接的绕组数量与采用三角形连接的绕组数量相同。

7. 如权利要求1至6任一项所述的游标磁阻电机, 其特征在于, 所述转子采用多段式结构, 且相邻两段错开 180° 。

8. 一种基于权利要求1至7任一项所述的游标磁阻电机的电机系统, 其特征在于, 包括游标磁阻电机以及驱动电路, 驱动电路包括三个桥臂、电容以及直流电源, 每个桥臂一端与直流电源正极连接, 每个桥臂另一端与直流电源的负极连接, 电容一端与直流电源正极连接, 电容另一端与直流电源负极连接, 游标磁阻电机的第 i 相绕组一端与第 j 个桥臂中性点连接;

其中, i 为相序号, j 为桥臂序号, $i = a, b, c, 1 \leq j \leq 3$ 。

一种电流谐波注入式游标磁阻电机及系统

技术领域

[0001] 本发明属于磁阻电机技术领域,更具体地,涉及一种电流谐波注入式游标磁阻电机及系统。

背景技术

[0002] 永磁电机具有高功率密度、高效率等优点,但永磁体价格昂贵,整体成本高,且永磁体具有失磁和故障状况下难以灭磁的风险,在对成本控制要求高、需要高可靠性,或者环境恶劣的情况下较难应用。电励磁电机相比永磁电机没有去磁风险,可靠性更高,成本更低。如同步磁阻电机、开关磁阻电机、异步电机等,都有广泛的应用。

[0003] 同步磁阻电机控制系统简单,但定子绕组一般为重叠绕组,端部长,绕线复杂;而且一般转子结构复杂,加工难度大,成本高。

[0004] 开关磁阻电机定转子为双凸极结构,采用单齿绕集中绕组,结构简单,电流密度比较高,但由于其特定的供电方式,驱动系统较为复杂,驱动系统成本较高。

[0005] 异步电机定子绕组一般为重叠绕组,端部长,绕线复杂;转子上有绕组(或鼠笼),需考虑转子散热。

[0006] 直流电流注入式游标磁阻电机的定子绕组为单齿绕分数槽非重叠集中绕组,该电机驱动电路采用开绕组逆变器结构,绕组中电流表达式为:

$$[0007] \quad i_a = I_{dc} + I_{ac} \sin(\omega_c t + \alpha)$$

$$[0008] \quad i_b = I_{dc} + I_{ac} \sin\left(\omega_c t + \alpha - \frac{2}{3}\pi\right)$$

$$[0009] \quad i_c = I_{dc} + I_{ac} \sin\left(\omega_c t + \alpha + \frac{2}{3}\pi\right)$$

[0010] 然而,由于游标磁阻电机中通入了直流电流,驱动电路采用开绕组结构,接线多控制器复杂,控制系统成本高;直流电流比正弦电流的利用率要低。

发明内容

[0011] 针对现有技术的以上缺陷或改进需求,本发明提供了一种电流谐波注入式游标磁阻电机及系统,其目的在于解决现有的直流电流注入式游标磁阻电机接线结构控制器复杂的技术问题。

[0012] 为实现上述目的,按照本发明的一个方面,提供了一种电流谐波注入式游标磁阻电机,包括定子、转子以及三相绕组,每相绕组仅有一个端口与外部电路连接;每相绕组中通入的电流由两频率不同的正弦电流分量叠加而成;其中,一正弦电流分量产生的旋转磁势与气隙磁导作用产生调制磁场,再与另一个正弦电流分量产生的旋转磁势相互作用,产生转矩。

[0013] 优选地,绕组极对数满足 $P_a = \frac{1}{2}N_r$ 或 $P_a = \frac{1}{2}|N_s - N_r|$;

[0014] 其中, P_a 为绕组极对数, N_r 为转子槽数, N_s 为定子槽数。

[0015] 优选地, 当注入A、B、C三相中两个的正弦电流相序相同时, 两个正弦电流的角频率满足公式 $|\omega_1 + \omega_2| = \omega_r$, 当注入A、B、C三相中两个的正弦电流相序不同时, 两个正弦电流的角频率满足 $|\omega_1 - \omega_2| = \omega_r$;

[0016] 式中, ω_1 为第一个正弦电流的角频率, ω_2 为第二个正弦电流的角频率, ω_r 为转子角频率。

[0017] 优选地, 同一相绕组中两个正弦电流的有效值相等且相位角相差 90° 时, 游标磁阻电机转矩最大。

[0018] 优选地, 绕组采用星形和三角形混合连接, 且转子采用不等齿距结构时, 可削弱转矩脉动。

[0019] 优选地, 采用星形连接的绕组数量与采用三角形连接的绕组数量相同, 此时削弱效果最佳。

[0020] 优选地, 转子采用多段式结构, 且相邻两段错开 180° , 可进一步削弱转矩脉动。

[0021] 按照本发明的另一个方面, 提供了一种游标磁阻电机系统, 包括游标磁阻电机以及驱动电路, 驱动电路包括三个桥臂、电容以及直流电源, 每个桥臂一端与直流电源正极连接, 每个桥臂另一端与直流电源的负极连接, 电容一端与直流电源正极连接, 电容另一端与直流电源负极连接, 游标磁阻电机的第*i*相绕组一端与第*j*个桥臂中性点连接;

[0022] 其中, *i*为相序号, *j*为桥臂序号, $i = a, b, c, 1 \leq j \leq 3$ 。

[0023] 总体而言, 通过本发明所构思的以上技术方案与现有技术相比, 能够取得下列有益效果:

[0024] 1、本发明提供游标磁阻电机, 该磁阻电机采用单层集中绕组, 绕组通入两个不同频率的正弦交流, 利用绕组内两个不同频率的电流产生两个极对数相同但转速不同的磁势, 其中一个磁势通过磁导调制作用产生与另一个磁势极对数相同转速相同且有一定夹角的磁场, 从而产生转矩。

[0025] 2、与现有技术相比, 绕组仅一端与外接电路连接, 驱动电路仅为原来的一半, 大大简化了驱动电路; 此外, 绕组中电流都为正弦电流, 正弦电流的利用率比直流电流高11%, 提高了电流利用率。

附图说明

[0026] 图1为本发明提供的电流谐波注入式游标磁阻电机实施例的结构图;

[0027] 图2为本发明提供的电流谐波注入式游标磁阻电机中绕组接法;

[0028] 图3为本发明提供的电流谐波注入式游标磁阻电机中转子不等齿距结构叠片示意图;

[0029] 图4为本发明提供的游标磁阻电机系统的原理图。

具体实施方式

[0030] 为了使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白, 以下结合附图及实施例, 对本发明进行进一步详细说明。应当理解, 此处所描述的具体实施例仅仅用以解释本发明, 并不用于限定本发明。此外, 下面所描述的本发明各个实施方式中所涉及到的技术特征只要

彼此之间未构成冲突就可以相互组合。

[0031] 本发明提供的电流谐波注入式游标磁阻电机包括定子1、转子2以及绕组3,定子1和转子2为同轴套设置,定转子结构可以是外转子内定子结构,也可以是外定子内转子结构,每相绕组仅有一个端口与外部电路连接,每相绕组中通入的电流由两频率不同的正弦电流分量叠加而成。其中,一正弦电流分量产生的旋转磁势与气隙磁导作用产生调制磁场,再与另一个正弦电流分量产生的旋转磁势相互作用,产生转矩。

[0032] 定子1和转子2均为凸极结构,转子的凸极结构起到调制励磁磁势的作用,其调制作用可以表述为:

$$[0033] \quad \Lambda(\theta_s, t) \approx \Lambda_{r0} - \Lambda_{r1} \cos[Z_r(\theta_s - \omega_r t)]$$

[0034] 其中, Z_r 为转子槽数; θ_s 为空间位置; t 为时间; ω_r 为转子角频率。

[0035] 当绕组极对数满足公式(1)时:

$$[0036] \quad P_a = \frac{1}{2} N_r \quad (1)$$

[0037] 其中, P_a 为绕组极对数, N_r 为转子槽数。

[0038] 当通入A、B、C三相中两个正弦电流的相序相同时,即A、B、C三相中电流为:

$$[0039] \quad \begin{aligned} i_a &= I_{ac1} \sin(\omega_1 t + \alpha_1) + I_{ac2} \sin(\omega_2 t + \alpha_2) \\ i_b &= I_{ac1} \sin\left(\omega_1 t + \alpha_1 - \frac{2}{3}\pi\right) + I_{ac2} \sin\left(\omega_2 t + \alpha_2 - \frac{2}{3}\pi\right) \\ i_c &= I_{ac1} \sin\left(\omega_1 t + \alpha_1 + \frac{2}{3}\pi\right) + I_{ac2} \sin\left(\omega_2 t + \alpha_2 + \frac{2}{3}\pi\right) \end{aligned} \quad (2)$$

[0040] 其中, I_{ac1} 为第一个正弦电流的幅值, ω_1 为第一个正弦电流的角频率, α_1 为第一个正弦电流的相位角, I_{ac2} 为第二个正弦电流的幅值, ω_2 为第二个正弦电流的角频率, α_2 为第二个正弦电流的相位角。

[0041] 第一个正弦电流的角频率 ω_1 和第二个正弦电流的角频率 ω_2 满足如下公式:

$$[0042] \quad |\omega_1 + \omega_2| = \omega_r \quad (3)$$

[0043] 当绕组极对数满足公式(1)且通入A、B、C三相中两个正弦电流的相序相同时,通过转子2对绕组中一个正弦电流产生的磁势进行调制,使该正弦电流产生的磁势形成与另一个正弦电流产生的磁势极对数相同转速相同且有一定夹角的磁场,即满足公式(3),进而产生转矩。

[0044] 当通入A、B、C三相中两个正弦电流的相序相反时,即A、B、C三相中电流为:

$$[0045] \quad \begin{aligned} i_a &= I_{ac1} \sin(\omega_1 t + \alpha_1) + I_{ac2} \sin(\omega_2 t + \alpha_2) \\ i_b &= I_{ac1} \sin\left(\omega_1 t + \alpha_1 - \frac{2}{3}\pi\right) + I_{ac2} \sin\left(\omega_2 t + \alpha_2 + \frac{2}{3}\pi\right) \\ i_c &= I_{ac1} \sin\left(\omega_1 t + \alpha_1 + \frac{2}{3}\pi\right) + I_{ac2} \sin\left(\omega_2 t + \alpha_2 - \frac{2}{3}\pi\right) \end{aligned} \quad (4)$$

[0046] 第一个正弦电流的角频率 ω_1 和第二个正弦电流的角频率 ω_2 满足如下公式:

$$[0047] \quad |\omega_1 - \omega_2| = \omega_r \quad (5)$$

[0048] 当绕组极对数满足公式(1)且通入A、B、C三相中两个正弦电流的相序相反时,通过转子2对绕组中一个正弦电流产生的磁势进行调制,使该正弦电流产生的磁势形成与另一

个正弦电流产生的磁势极对数相同转速相同且有一定夹角的磁场,即满足公式(5),进而产生转矩。

[0049] 绕组极对数也可以满足公式(6):

$$[0050] \quad P_a = \frac{1}{2} |N_s - N_r| \quad (6)$$

[0051] 其中, P_a 为绕组极对数, N_r 为转子槽数, N_s 为定子槽数。

[0052] 此时,通入A、B、C三相中两个正弦电流的相序可以为相同和相反两种情况。

[0053] 当通入A、B、C三相中两个正弦电流的相序相同时,第一个正弦电流的角频率 ω_1 和第二个正弦电流的角频率 ω_2 满足公式(3)。

[0054] 当绕组极对数满足公式(6)且通入A、B、C三相中两个正弦电流的相序相同时,通过定子1和转子2对绕组中一个正弦电流产生的磁势进行调制,使该正弦电流产生的磁势形成与另一个正弦电流产生的磁势极对数相同转速相同且有一定夹角的磁场,即满足公式(3),进而产生转矩。

[0055] 当通入A、B、C三相中两个正弦电流的相序相反时,第一个正弦电流的角频率 ω_1 和第二个正弦电流的角频率 ω_2 满足公式(5)。

[0056] 当绕组极对数满足公式(6)且通入A、B、C三相中两个正弦电流的相序相反时,通过定子1和转子2对绕组中一个正弦电流产生的磁势进行调制,使该正弦电流产生的磁势形成与另一个正弦电流产生的磁势极对数相同转速相同且有一定夹角的磁场,即满足公式(5),进而产生转矩。

[0057] 现有的采用直流电流和交流电流产生磁势的电机,直流电建立的方波磁势中,基波有效值是方波有效值的 $\frac{2\sqrt{2}}{\pi}$ 倍。本发明提供的游标磁阻电机,相较于现有的采用直流电流和交流电流产生磁势的电机,电流有效值提高了 $\frac{\pi}{2\sqrt{2}} - 1 \approx 11\%$ 。

[0058] 本发明提供的游标磁阻电机,当同一相绕组中两个正弦电流的有效值相等且相位角相差 90° 时,游标磁阻电机转矩最大。

[0059] 图1为本发明提供的电流谐波注入式游标磁阻电机的实施例结构图,定子为12槽,转子为10槽,绕组为5对极绕法。两个不同频率的电流产生两个极对数都为5对极但转速不同的磁势,其中一个5对极磁势通过转子齿10对极磁导的调制作用产生一个5对极磁场,该磁场与另一个5对极磁势极对数相同转速相同且有一定夹角,相互作用从而产生转矩。

[0060] 图2为本发明提供的电流谐波注入式游标磁阻电机中绕组接法,一组绕组A1、B1、C1采用三角形接法,另一组绕组A2、B2、C2采用星形接法,图3为本发明提供的电流谐波注入式游标磁阻电机中转子不等齿距叠片示意图。转子采用不等齿距结构,形成与两组有相位差的三相绕组相对应的有相位差的转子磁导,其中,两组有相位差的三相绕组为三角形接法三相绕组和星型接法的三相绕组,从而产生有相位差的多个转矩,转矩的波峰与另一转矩的波谷对应,叠加消除转矩脉动。当采用星形连接的绕组数量与采用三角形连接的绕组数量相同是,削弱转矩脉动效果最佳。

[0061] 为了消除游标磁阻电机中转矩脉动,转子结构采用多段式结构,且相邻两段转子错开角度 180° ,在电机内部产生多个由相位差的转矩,通过多个相位差的转矩叠加实现消除转矩脉动。

[0062] 经过以上措施,游标磁阻电机转矩脉动大大降低,可由200%降到35%左右,进一步增加了使用价值。

[0063] 图4为本发明提供的游标磁阻电机系统的原理图,该游标磁阻电机包括游标磁阻电机以及驱动电路,驱动电路包括三个桥臂、电容以及直流电源。

[0064] 第一个桥臂由串联的第一三极管S1和第二三极管S2构成,第二个桥臂由串联的第三三极管S3和第四三极管S4构成,第三桥臂由串联的第五三极管S5和第六三极管S6构成,每个桥臂一端与直流电源正极连接,每个桥臂另一端与直流电源的负极连接,电容一端与直流电源正极连接,电容另一端与直流电源负极连接。游标磁阻电机的A相绕组一端与第一个桥臂中性点连接,游标磁阻电机的B相绕组一端与第二桥臂中性点连接,游标磁阻电机的C相绕组一端与第三桥臂中性点连接。A相绕组另一端、B相绕组另一端以及C相绕组另一端相互连接。

[0065] 通过控制第一三极管S1至第六三极管S6的导通周期,实现在A相、B相和C相注入两个频率不同的正弦电流,两个频率不同正弦电流产生两个极对数相同但转速不同的磁势,其中一个磁势通过磁导调制作用产生与另一个磁势极对数相同转速相同且有一定夹角的磁场,从而产生转矩。

[0066] 本发明提供的游标磁阻电机系统,驱动电路仅为原来的一半,大大简化了驱动电路;此外,绕组中电流都为正弦电流,正弦电流的利用率比直流电流高11%,提高了电流利用率。

[0067] 本领域的技术人员容易理解,以上所述仅为本发明的较佳实施例而已,并不用以限制本发明,凡在本发明的精神和原则之内所作的任何修改、等同替换和改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

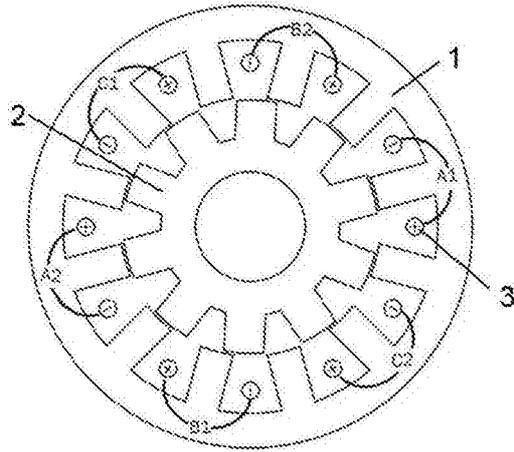


图1

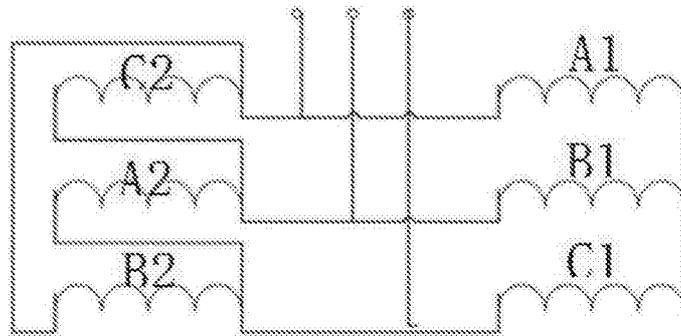


图2

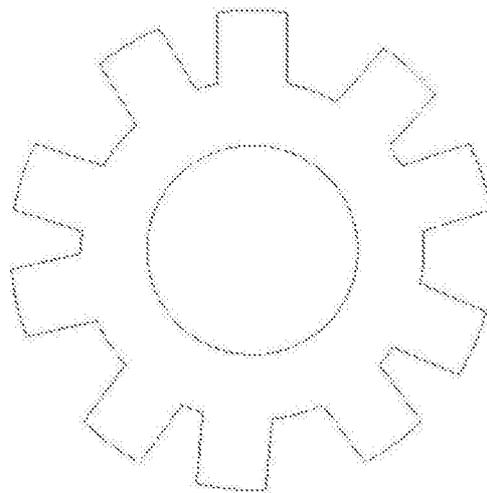


图3

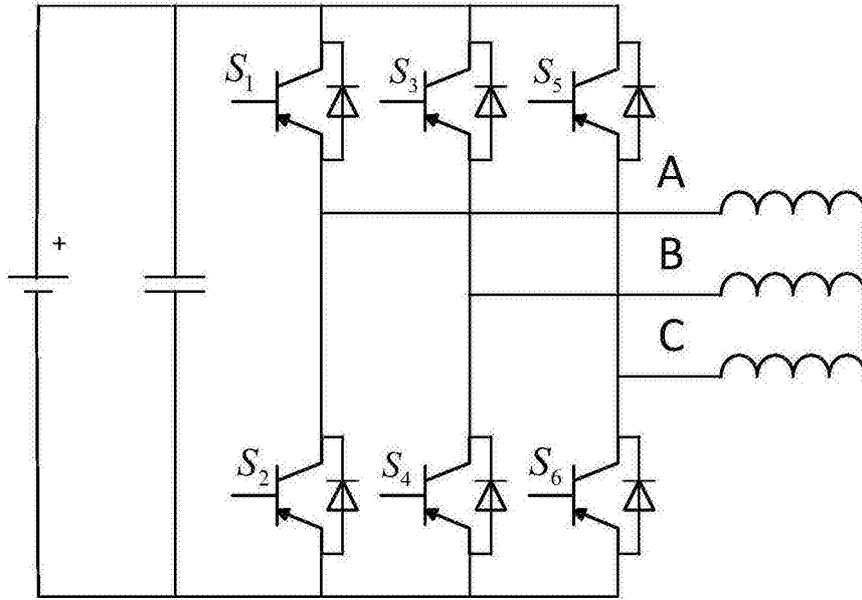


图4