



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 106899186 A

(43) 申请公布日 2017.06.27

(21) 申请号 201510951605.3

(22) 申请日 2015.12.20

(71) 申请人 郑州吉田专利运营有限公司

地址 450000 河南省郑州市高新技术产业开发区冬青街 55 号 C7-2 栋 2 层

(72) 发明人 张春

(74) 专利代理机构 郑州中原专利事务所有限公司 41109

代理人 李想

(51) Int. Cl.

H02K 29/03(2006.01)

H02K 1/14(2006.01)

H02K 1/24(2006.01)

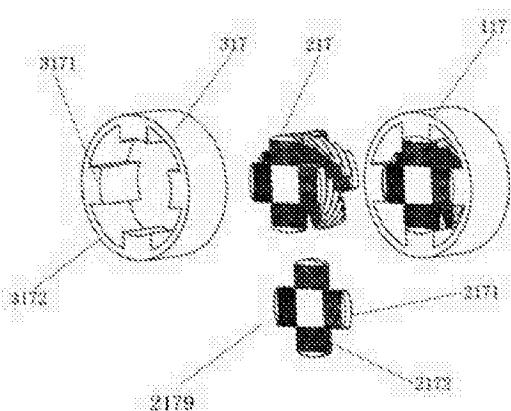
权利要求书1页 说明书5页 附图1页

(54) 发明名称

十字螺旋内定子齿极螺旋排列电机

(57) 摘要

十字螺旋内定子齿极螺旋排列电机(117)，其特征在于：十字四螺旋定子齿极铁芯(2171)外套设齿极线圈(2172)构成十字螺旋定子齿极构件，十字螺旋定子齿极构件沿转轴方向螺旋排列构成十字内螺旋定子齿极螺旋排列定子(217)，其外套设直线动子齿极(317)，直齿外动子齿极条(3171)由支架(3172)固定形成整体。



1. 十字螺旋内定子齿极螺旋排列电机(117),其特征在于:十字四螺旋定子齿极铁芯(2171)外套设齿极线圈(2172)构成十字螺旋定子齿极构件,十字螺旋定子齿极构件沿转轴方向螺旋排列构成十字内螺旋定子齿极螺旋排列定子(217),其外套设直线动子齿极(317),直齿外动子齿极条(3171)由支架(3172)固定形成整体。

2. 如权利要求1所述的十字螺旋内定子齿极螺旋排列电机,其特征在于:所述十字四螺旋定子齿极铁芯(2171)的螺距为816mm,宽度为30mm,齿极线圈(2172)的厚度为2mm,直齿外动子齿极条(3171)的长度为204mm。

## 十字螺旋内定子齿极螺旋排列电机

### 技术领域

[0001] 本发明属于电机领域,具体就是一种新型结构的开关磁阻电动机。

### 背景技术

[0002] 开关磁阻电动机系统(Switched Reluctance Drive :SRD)是继变频调速系统、无刷直流电动机调速系统之后发展起来的最新一代无级调速系统,是集现代微电子技术、数字技术、电力电子技术、红外光电技术及现代电磁理论、设计和制作技术为一体的光、机、电一体化高新技术。

[0003] 开关磁阻电动机调速系统主要由开关磁阻电动机(SRM)、功率变换器、控制器、转子位置检测器四大部分组成。控制器内包含控制电路与功率变换器,而转子位置检测器则安装在电机的一端。

[0004] 开关磁阻电动机调速系统所用的开关磁阻电动机(SRM)是SRD中实现机电能量转换的部件,也是SRD有别于其他电动机驱动系统的主要标志。现有SRM系双凸极可变磁阻电动机,其定、转子的凸极均由普通硅钢片叠压而成。转子既无绕组也无永磁体,定子极上绕有集中绕组,径向相对的两个绕组联接起来,称为“一相”,SR电动机可以设计成多种不同相数结构,且定、转子的极数有多种不同的搭配。相数多、步距角小,有利于减少转矩脉动,但结构复杂,且主开关器件多,成本高,现今应用较多的是四相(8/6)结构和三相(12/8)结构。

[0005] 开关磁阻电动机传动系统综合了感应电动机传动系统和直流电动汽车电机传动系统的优点,是这些传动系统的有力竞争者,其主要优点如下:

1、开关磁阻电动机有较大的电动机利用系数,可以是感应电动机利用系数的1.2~1.4倍。2、电动机的结构简单,转子上没有任何形式的绕组;定子上只有简单的集中绕组,端部较短,没有相间跨接线。因此,具有制造工序少、成本低、工作可靠、维修量小等特点。3、开关磁阻电动机的转矩与电流极性无关,只需要单向的电流激励,理想上功率变换电路中每相可以只用一个开关元件,且与电动机绕组串联,不会像PWM逆变器电源那样,存在两个开关元件直通的危险。所以,开关磁阻电动机驱动系统SRD线路简单,可靠性高,成本低于PWM交流调速系统。4、开关磁阻电动机转子的结构形式对转速限制小,可制成高转速电动机,而且转子的转动惯量小,在电流每次换相时又可以随时改变相匝转矩的大小和方向,因而系统有良好的动态响应。5、SRD系统通过对电流的导通、断开和幅值的控制,得到满足不同负载要求的机械特性,易于实现系统的软启动和四象限运行等功能,控制灵活。又由于SRD系统是自同步系统运行,不会像变频供电的感应电动机那样在低频时出现不稳定和振荡问题。6、由于SR开关磁阻电动机采用了独特的结构和设计方法以及相应的控制技巧,其单位处理可以与感应电动机相媲美,甚至还略占优势。SRD系统的效率和功率密度在宽广的速度和负载范围内都可以维持在较高水平。

[0006] 开关磁阻电动机驱动系统的主要缺点是:

1、有转矩脉动。从工作原理可知,S开关磁阻电动机转子上产生的转矩是由一些列脉冲转矩叠加而成的,由于双凸极结构和磁路饱和非线性的影响,合成转矩不是一个恒定转矩,

而有一定的谐波分量,这影响了SR电动机低速运行性能。2、SR电动机传动系统的噪声与震动比一般电动机大。

[0007] 上述缺点,本质上是开关磁阻电动机驱动系统即SRD系统的开关磁阻电动机SRM的结构造成的,要想减小转矩脉动及其引起的噪声与震动,就要改变开关磁阻电动机SRM的结构。

## 发明内容

[0008] 为了减小现有开关磁阻电动机SRM转矩脉动引起的震动和噪音,本发明提供一种全新结构的开关磁阻电动机SRM,具体就是十字螺旋内定子齿极螺旋排列电机117,十字四螺旋定子齿极铁芯2171外套设齿极线圈2172构成十字螺旋定子齿极构件,十字螺旋定子齿极构件沿转轴方向螺旋排列构成十字内螺旋定子齿极螺旋排列定子217,其外套设直线动子齿极317,直齿外动子齿极条3171由支架3172固定形成整体。

[0009] 十字四螺旋定子齿极铁芯2171的螺距为816mm,宽度为30mm,齿极线圈2172的厚度为2mm,直齿外动子齿极条3171的长度为204mm。

[0010] 本发明的有益效果是:本发明由于磁极为叠加磁场,增加了电机的功率密度;另外使用两极齿极,齿极圆弧面角度为90°,就减小了转矩脉动,随着层数增多,相邻两层之间的齿极中心线夹角更小,增加了施加磁力转矩的层数,由于层数的增加,施加磁力转矩的层数也就增加,当增加的层数均施加磁力转矩时,仅仅在相邻两层齿极中心线夹角的范围内产生转矩脉动,当层数多夹角小时,又大大减小了转矩脉动,由极大减小了转矩脉动也就极大减小了噪音和振动。

## 附图说明

[0011] 图1是十字螺旋内定子齿极螺旋排列电机构件组合结构示意图。

## 具体实施方式

[0012] 图1为十字螺旋内定子齿极螺旋排列电机117,十字四螺旋定子齿极铁芯2171外套设齿极线圈2172构成十字螺旋定子齿极构件,十字螺旋定子齿极构件沿转轴方向螺旋排列构成十字内螺旋定子齿极螺旋排列定子217,其外套设直线动子齿极317,直齿外动子齿极条3171由支架3172固定形成整体。

[0013] 十字四螺旋定子齿极铁芯2171的螺距为816mm,宽度为30mm,齿极线圈2172的厚度为2mm,直齿外动子齿极条3171的长度为204mm。

[0014] 一种开关磁阻电动机,包括定子齿极和动子齿极,动子齿极相对于定子齿极转动配合,所述定子齿极的数目与动子齿极的数目相等;定子齿极沿转动轴方向为层状固定连接,定子齿极厚度对应动子齿极的厚度范围称为动子齿极单元(定子齿极,指的是单个定子齿极;定子齿极厚度是定子齿极铁芯厚度加其外部套设的定子齿极线圈厚度;另外动子可以是整体成型结构,每层之间为整体连接,也可以是层状排列,每层之间层叠固定连接,所以定子齿极厚度对应动子齿极的厚度范围称为动子齿极为单元,动子齿极单元包括至少一个动子齿极),定子齿极由定子齿极铁芯及其外部套设的定子齿极线圈构成,定子齿极铁芯与动子齿极形成气隙的端组为凹凸配合的圆弧面,定子齿极与动子齿极的配合关系为,无

论动子齿极相对于定子齿极旋转到任何角度,至少一层定子齿极中心线与对应动子齿极单元的动子齿极中心线形成夹角 $\alpha$ , $0 < \alpha \leq \beta$ , $\beta$ 为定子齿极铁芯或者动子齿极沿旋转轴方向的横截面的圆弧对应圆心的角度。

[0015] 动子齿极圆弧角度与定子齿极铁芯圆弧角度仅仅相差二者之间的气隙引起的圆弧角度差,由于气隙很小,二者圆弧半径差别也很小,相同齿极宽度对应的圆弧角差别也很小,假设气隙无限小,则凹凸圆弧面对应的角度就相等,所以 $\beta$ 即代表定子齿极铁芯圆弧角,又代表动子齿极圆弧角,定子齿极铁芯圆弧角也称为定子齿极圆弧角。

[0016] 这样的设置,能够保证始终存在一层,其定子齿极中心线与对应动子齿极单元的动子中心线的夹角小于 $\beta$ ,使穿过二者之间气隙的磁场能够对动子齿极产生磁阻转矩;当 $\alpha = \beta = 360/(2m)$ 时,相当于现有的4/2开关磁阻电动机存在平衡点,也就是死点,需要设置永磁体,当动子停止转动时,将永磁体动子偏离死点,即偏离动子平衡点,而旋转起来以后,动子的旋转惯性使动子转过 $\alpha = \beta$ 的位置,就能够使动子偏离死点,使 $0 < \alpha < \beta$ ,这种结构满足无论动子齿极相对定子齿极旋转到任何角度,存在一层定子齿极的中心线与对应动子齿极中心线的夹角 $\alpha$ , $0 < \alpha < \beta$ ,使该层定子齿极与对应层的动子齿极之间产生磁场,穿过二者之间气隙的磁场对动子产生磁拉力,动子齿极产生磁阻转矩,使动子齿极转动到磁导最大的位置,即定子齿极中心线与动子齿极中心线重叠的位置,也是定子齿极的端面与动子齿极的端面基本重合的位置,动子齿极带动动子转动相应的角度,之后,另一层定子齿极中心线与动子齿极中心线形成夹角,形成夹角的该层定子齿极使动子齿极单元以相同的方式转动,就能够使动子持续旋转,图中定子齿极中心线与动子齿极中心线形成夹角随着层数的增加,夹角的大小成等差数列增加,当然,保持各层 $\alpha$ 的大小不变,将层的序列打乱,就是本技术方案的实施方式,这样的实施方式与图中的区别在于,图中的另一层是相邻层,这里不要求是相邻层。

[0017] 所述的开关磁阻电动机,所述无论动子齿极相对于定子齿极旋转到任何角度,至少一层定子齿极中心线与对应动子齿极单元的动子齿极中心线形成夹角 $\alpha$ , $0 < \alpha \leq \beta$ ,指定子齿极的层数为n层,对应动子齿极单元也是n层的长度,沿圆周排布的齿极数为m,假设第一层定子齿极中心线与动子齿极中心线的夹角为 $360/(nm)$ ,则第二层为 $2*360/(nm)$ ,……第n层为 $n*360/(nm)$ ,其中 $360/(nm) \leq \beta$ 。

[0018] 第一层转动 $360/(nm)$ 角度之后,第二层定子齿极中心线与动子齿极中心线之间的夹角就是 $360/(nm)$ ,其它层依次减少 $360/(nm)$ 角度,依次转动,最后一层定子齿极与动子齿极中心线夹角为0时,则第一层的角度就是 $360/(nm)$ ,完成一个周期,依次进行下一个周期,使动子持续旋转;当 $360/(nm) < \beta/2$ 时,那么就至少有两层定子齿极中心线与动子齿极中心线的夹角 $\alpha < \beta$ ,就能够同时有两层定子齿极向对应动子齿极之间产生转矩,假设第一层 $\alpha = \beta/2$ ,则第二层为 $\beta$ ,第一层和第二层的定子同时与相应动子施加转矩,动子旋转 $\beta/2$ 时,则第二层的 $\alpha = \beta/2$ ,第三层的 $\alpha = \beta$ ,此时第一层停止向动子施加转矩,由第二层、第三层施加转矩,依次切换定子齿极向对应动子施加转矩,使动子持续旋转;同样原理,当 $\alpha = \beta/3$ 时,可以三层同时向动子施加转矩,依次类推。

[0019] 所述的开关磁阻电动机,在xyz坐标系中,第一层定子齿极所在的平面为xy面,旋转轴的轴线方向为z轴方向,其它层定子齿极沿z轴依次延伸,所述第一层定子齿极中心线与y轴的夹角为 $360/(nm)$ ,第二层为 $2*360/(nm)$ ,……第n层为 $n*360/(nm)$ ,各层动子齿极单

元的动子齿极中心线在z方向重合。

[0020] 所述的开关磁阻电动机,在xyz坐标系中,第一层定子齿极所在的平面为xy面,旋转轴的轴线方向为z轴方向,其它层定子齿极沿z轴依次延伸,所述各层定子齿极的中心线在z方向与y轴重合,则第一层动子齿极单元的动子齿极中心线与y轴夹角为 $360/(nm)$ ,第二层为 $2*360/(nm)$ ,……第n层为 $n*360/(nm)$ 。

[0021] 所述的开关磁阻电动机,在xyz坐标系中,第一层定子齿极所在的平面为xy面,旋转轴的轴线方向为z轴方向,其它层定子齿极沿z轴依次延伸,所述第一层定子齿极中心线与y轴夹角为 $360/(2*nm)$ ,第二层为 $2*360/(2*nm)$ ,……第n层为 $n*360/(2*nm)$ ;第一层动子齿极单元的动子齿极中心线与y轴夹角为 $-360/(2nm)$ ,第二层为 $-2*360/(2nm)$ ,……第n层为 $-n*360/(2nm)$ 。

[0022] 所述的开关磁阻电动机,所述定子齿极层数在z轴方向依次延伸,形成直条状定子齿极或者螺旋条状定子齿极,与直条状定子齿极对应的动子齿极为螺旋条状动子齿极;与螺旋条状定子齿极对应的动子齿极为反向螺旋条状动子齿极或者直条状动子齿极,齿极数目为m大于等于1的自然数,n为大于等于2的自然数。

[0023] 反向螺旋条状动子齿极称为反螺旋动子条,直条状动子齿极称为直条动子齿极;当然,上述直条状定子齿极、螺旋条状定子齿极、直条状动子齿极、螺旋条状动子齿极及反向螺旋条状动子齿极各自由支撑件支撑,这种结构在z轴方向即相邻层之间的定子齿极的磁力线,分别径向穿过各自的气隙,在动子内形成轴向连接,使动子产生转矩。

[0024] 所述的开关磁阻电动机,所述直条状定子齿极或者螺旋条状定子齿极的轭部,对应由直条状导磁材料或者螺旋条状导磁材料连接构成直条状串联的u型电磁铁或者螺旋条状串联的u型电磁铁。

[0025] 此时,定子齿极铁芯外套设的线圈可以变更为套设在将定子齿极铁芯连接的轭铁上,即直条状导磁材料或者螺旋条状导磁材料上,也可以定子齿极铁芯及轭铁外均套设的线圈,这样的结构,定子齿极铁设置径向磁场、定子齿极铁芯之间的轭铁设置轴向或者螺旋轴向磁场,能够叠加为halbach阵列的单边磁场,提高开关磁阻电动机的效率,所述定子齿极铁芯与轭铁可以为整体成形结构,如果是硅钢片,组成定子齿极铁芯与轭铁的硅钢片为整体成形结构。

[0026] 所述的开关磁阻电动机,所述直条状定子齿极或者螺旋条状定子齿极的圆弧面指向圆心,构成外直条状定子齿极或者外螺旋条状定子齿极;所述直条状动子齿极、螺旋条状动子齿极及反向螺旋条状动子齿极对应为内直条状动子齿极、内螺旋条状动子齿极及内反向螺旋条状动子齿极。

[0027] 所述的开关磁阻电动机,所述直条状定子齿极或者螺旋条状定子齿极的圆弧面背离圆心,构成内直条状定子齿极或者内螺旋条状定子齿极;所述直条状动子齿极、螺旋条状动子齿极及反向螺旋条状动子齿极对应为外直条状动子齿极、外螺旋条状动子齿极及外反向螺旋条状动子齿极。

[0028] 所述的开关磁阻电动机,所述m为偶数,每层定子齿极的轭部由导磁材料连接形成闭合框架定子齿极,定子齿极之间的导磁材料框架上,套设框架线圈。

[0029] 这样能够产生环状的halbach阵列,相应增强定子齿极的磁场强度。

[0030] 所述的开关磁阻电动机,所述闭合框架定子齿极的圆弧面指向圆心,构成外闭合

框架定子齿极；所述直条状动子齿极、螺旋条状动子齿极及反向螺旋条状动子齿极对应为内直条状动子齿极、内螺旋条状动子齿极及内反向螺旋条状动子齿极。

[0031] 所述的开关磁阻电动机，所述闭合框架定子齿极的圆弧面背离圆心，构成内闭合框架定子齿极；所述直条状动子齿极、螺旋条状动子齿极及反向螺旋条状动子齿极对应为外直条状动子齿极、外螺旋条状动子齿极及外反向螺旋条状动子齿极。

[0032] 所述的开关磁阻电动机，所述定子齿极为内定子齿极，其 $m=4, \beta=45^\circ$ 四个内定子齿极的内定子齿极铁芯呈十字结构。

[0033] 这样，四个呈十字状的齿极可以形成两个背靠背的halbach阵列。

[0034] 所述的开关磁阻电动机，所述定子齿极为内定子齿极，其 $m=2, \beta=90^\circ$ ，两个内定子齿极呈径向的条状结构。

[0035] 这样，条状结构的两个内定子齿极的磁场方向相同，充分利用电动机内的空间。

[0036] 所述的开关磁阻电动机的定子齿极，所述定子齿极的形状为直齿或者螺旋齿。

[0037] 所述的开关磁阻电动机的定子齿极，所述直条状定子齿极或者螺旋条状定子齿极的轭部，对应由直条状导磁材料或者螺旋条状导磁材料连接构成直条状串联的u型电磁铁或者螺旋条状串联的u型电磁铁。

[0038] 所述的开关磁阻电动机的定子齿极，所述 $m$ 为偶数，每层定子齿极的轭部由导磁材料连接形成闭合框架定子齿极，定子齿极之间的导磁材料框架上，套设框架线圈。

[0039] 现有开关磁阻电动机调速系统的功率变换器、控制器、转子位置检测器等，通过适应性修改，就可以应用于本发明。

[0040] 本专利公开的数值和数据，例如螺距、宽度、高度等仅仅是说明结构特征，不作为对本发明的限制性解释。

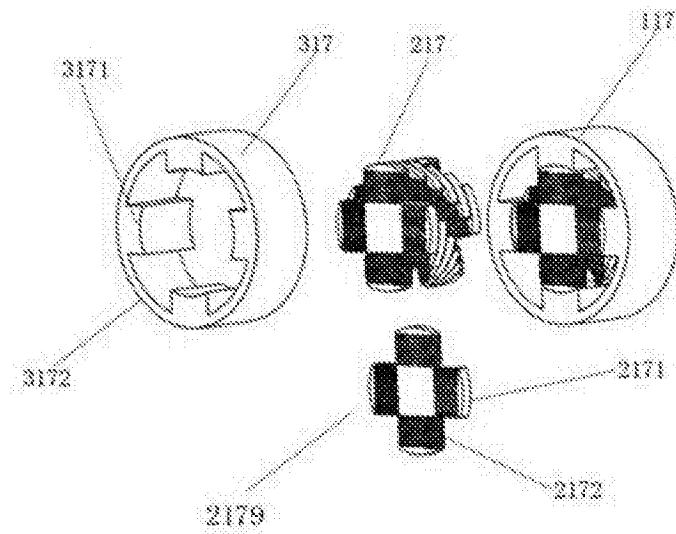


图1