

永磁同步电动机转子结构的研究

华陈君

(江苏省电力公司无锡供电公司, 江苏 无锡 214000)

摘 要: 永磁同步电动机具有结构简单, 免维护、功率密度和效率高等优点, 因而, 越来越被广泛应用。由于永磁同步电机磁路结构复杂, 不同转子磁路结构对设计高性能的永磁电机具有很大影响, 所以本文着重研究永磁同步电机转子结构对其运行性能的影响。

关键词: 永磁; 同步; 电动机

0 引言

稀土永磁无刷直流电机采用高磁能积的稀土永磁材料, 同时采用电子换向技术去掉了电刷, 使得它具有结构简单、运行可靠、体积小、质量轻、损耗小、效率高、运行特性优良等优点, 从而广泛应用于航空航天、精密仪器、工业控制等许多对电机运行性能要求较高的场合。因此, 对稀土永磁无刷直流电机的研究具有重要的意义^{[1][2]}。

本课题主要基于不同转子结构的永磁同步电机模型, 利用有限元分析软件 ANSYS 对永磁同步电动机的电磁场进行分析与研究。首先通过编写 APDL 程序建立出 15kW 永磁同步电动机的电机模型, 然后对电机的空载磁场进行分析和计算。其次研究转子结构的尺寸大小对内置式永磁同步电机运行性能影响, 即永磁体磁化方向长度一定时, 比较 U 形和 W 形永磁体宽度对电机性能的影响, 以及永磁体宽度一定时, 比较 U 形和 W 形永磁体磁化方向长度对电机性能的影响。最后通过改变气隙大小, 研究其对不同转子结构永磁同步电机电磁参数的影响。所得结论对设计 U 形转子结构和 W 形转子结构的永磁同步电动机具有一定参考价值 and 实际意义。

1 模型的建立

图 1 为 15kW 的 W 形永磁同步电动机, 图 2 为 U 形永磁同步电动机模型。

根据设计样机的要求, 本课题所设计的永磁同步电动机的性能指标为: 额定功率 $P_N=15\text{kW}$, 额定线电压 $U_{NL}=380\text{V}$, 额定频率 $f=50\text{Hz}$, 极对数

$p=2$, 额定转速 $n_N = \frac{60f}{p} = 1500\text{r/min}$, 额定功率

因数 $\cos \varphi=0.95$, 额定效率 $\eta=93.05\%$ 。

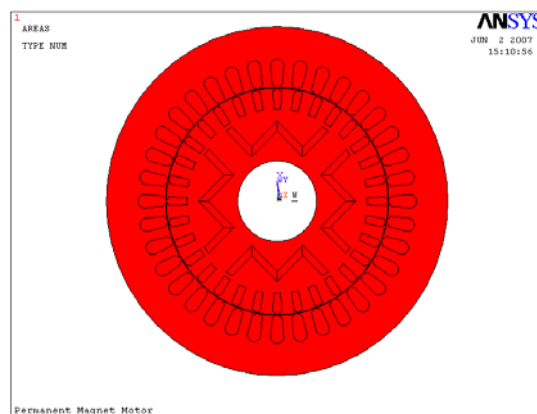


图 1 15kW W 形永磁同步电动机二维模型

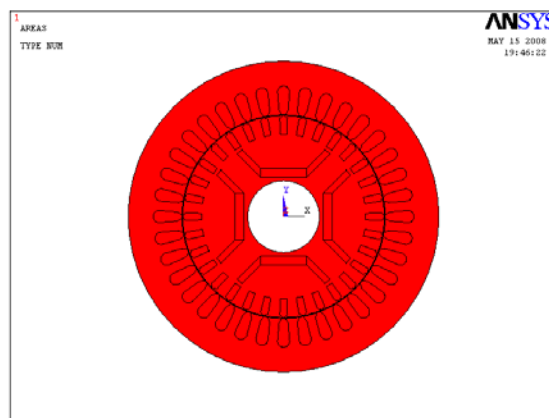


图 2 15kW U 形永磁同步电动机二维模型

2 分布图的确立

通过用 ANSYS 进行永磁同步电动机空载磁场的分析得到: 永磁同步电动机的磁力线分布如图 3 所示, U 形永磁电机模型磁密分布如图 4 所示。

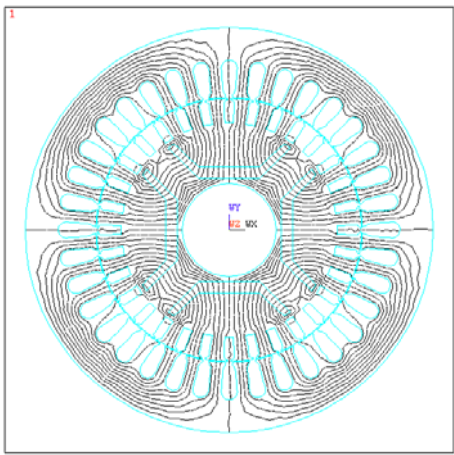


图3 永磁同步电动机的磁力线分布图

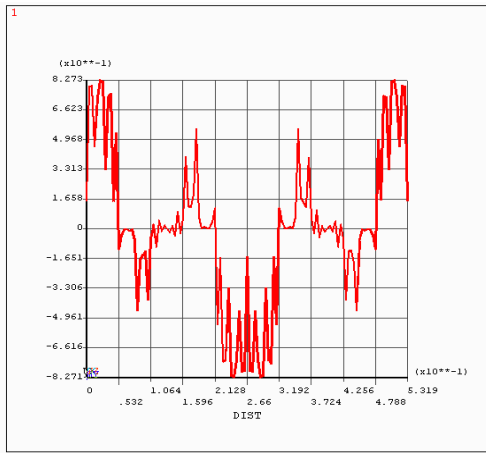


图4 U形永磁电机模型磁密分布图

3 漏磁系数和极弧系数

利用 ANSYS 求解永磁同步电动机的漏磁系数和极弧系数:

U 形永磁同步电动机在 $b_m = 0.09387m, h_m = 0.0053m$ 时空载漏磁系数 $\sigma_0 = 1.2894$ 。同理, W 形永磁同步电动机在 $b_m = 0.11m, h_m = 0.0053m$ 时的空载漏磁系数 $\sigma_0 = 1.2916$ 。

U 形永磁同步电动机在 $b_m = 0.09387m, h_m = 0.0053m$ 时极弧系数数值 α_i 约为 0.875, W 形永磁同步电动机在 $b_m = 0.11m, h_m = 0.0053m$ 时的极弧系数数值 α_i 约为 0.85。

4 永磁同步电动机结构参数对运行性能影响的分析

4.1 永磁体的宽度

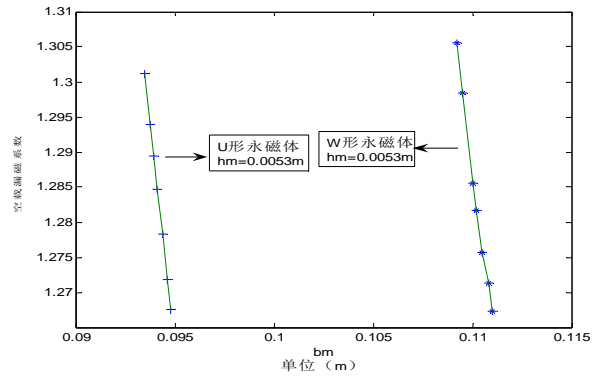


图5 不同转子结构的空载漏磁系数随永磁体宽度的变化曲线对比

在永磁体磁化方向长度一定的条件下,通过图 5 可以清楚的看出,若得到同一空载漏磁系数即相同利用率时,U 形转子结构所需永磁体宽度要比 W 形转子结构的要小。

4.2 永磁体磁化方向长度

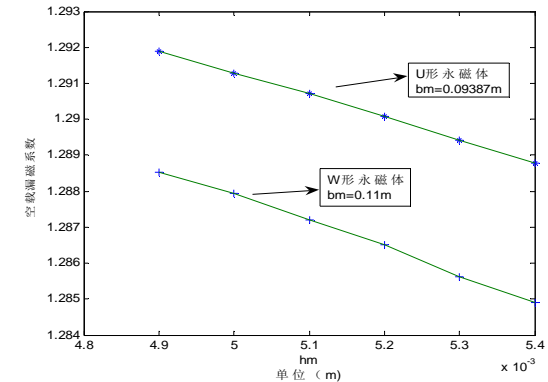


图6 不同转子结构的空载漏磁系数与永磁体磁化方向长度变化的对比

由图 6 可知,不同的转子结构在相同的永磁体磁化方向长度的情况下, U 形转子结构的空载漏磁系数略大于 W 形转子结构空载漏磁系数,而此时 U 形转子结构所需要的永磁体宽度比 W 形转子结构所需的永磁体宽度小。

4.3 性能比较

表 1 空载电磁场分布计算结果

转子结构	U形	W形
空载漏磁系数 σ_0	1.2894	1.2856
极弧系数 α_i	0.875	0.85
功率因数 $\cos \varphi$	0.97	0.98
效率 η	93.58%	94.03%

通过表1数据可以知道:W形转子结构的效率高于U形转子结构,同时其空载漏磁系数比U形的略小,因

此W形转子结构的利用率高于U形转子结构。但是，考虑到U形转子结构所用的永磁材料较少，故在在电机性能指标要求不高情况下，可以采用U形转子结构，这样可以减少永磁体用量，节约成本。

4.4 气隙大小的影响

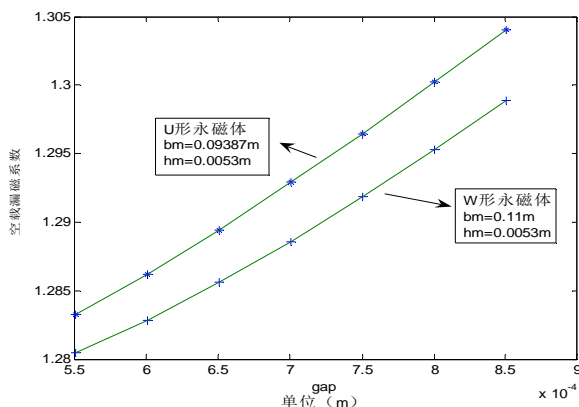


图 7 不同转子结构的空载漏磁系数与气隙变化的对比

由图 7 可以看出，不同转子结构的永磁体，都是随着气隙的越大，空载漏磁系数会相应的增大，即漏磁越多。但是这里需要注意的是，U 形转子结构的空载漏磁系数在同等条件下是（即永磁同步电机的定、转子槽的尺寸，气隙大小相同的情况下）大于 W 形转子结构的空载漏磁系数的，这说明 U 形转子结构受气隙的影响较大。

5 结束语

本文在一些国内外参考文献基础之上，首先扼要地回顾了永磁同步电机的发展和现状，介绍了永磁同步电机磁场的研究背景，并针对现代研究永磁同步电机的方法的趋势阐述了利用有限元分析软件 ANSYS 分析与计算永磁同步电动机的意义。然后介绍了永磁同步电动机的结构、工作原理，为下面的研究奠定了理论基础。紧接着简单介绍 ANSYS 软件的发展过程，利用参数化设计语言 APDL 分别建立 15kW 的 W 形永磁同步电动机和 U 形永磁同步电动机模型，并对其空载磁场进行分析和计算，得出了空载的磁力线分布图和磁密分布图，分别计算出 W 形和 U 形空载时的漏磁系数和极弧系数，最后对永磁体尺寸一定时，U 形和 W 形 PMSM 对电机性能的影响进行研究，以及研究气隙大小对空载漏磁系数的影响进行了研究，总结出了空载漏磁系数随着永磁体的长度的变大而变小，永磁体的宽度的变大而变小，气隙的变大而变大的结论。

参考文献:

- [1] 羊婷婷.基于 ANSYS 永磁同步电动机的电磁场分析与计算[D].南通: 南通大学, 2007.
- [2] 李亚峰, NdFeB 永磁材料的应用领域与发展前景[J]. 矿冶, 2005, 14(2): 67-68.

作者简介:

华陈君 (1986-) 男, 江苏无锡人, 从事输电运检工作。