

组合励磁永磁发电机的计算机辅助设计

黄文新

陈海镇

(盐城工专电气工程系, 盐城 224003) (南京航空航天大学, 南京, 210016)

摘 要 组合励磁永磁发电机以新颖的结构解决了永磁发电机的电压调节问题^[1]。介绍磁场独立式组合励磁永磁发电机的计算机辅助设计方法和软件。

关键词 组合励磁 永磁发电机 CAD

分类号 TM31 TP39

引 言

永磁发电机具有可靠性高、效率高及结构简单等优点, 早就引起了人们的重视。近来由于新型稀土永磁材料的研究开发, 给永磁发电机注入了新的活力。但是永磁发电机与电励磁发电机相比, 其电压调节问题是限制其广泛应用的主要原因之一。从解决这一问题出发, 在借鉴国外文献报道的基础上^[2], 我们研究开发了一种磁路独立式的组合励磁永磁发电机, 其结构如图1所示:

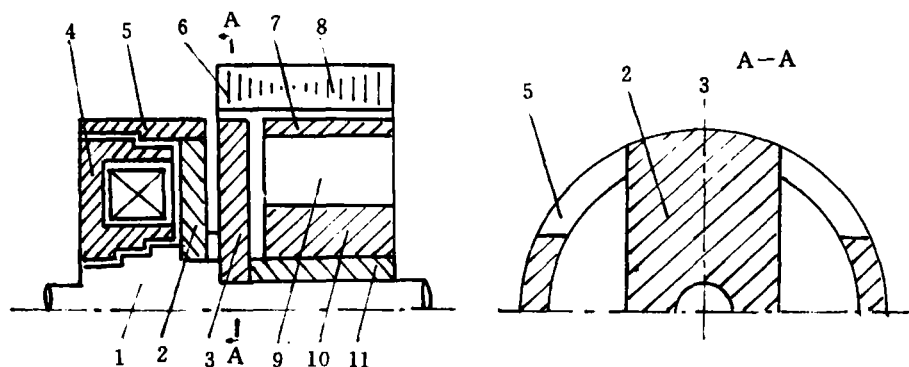


图1 磁路独立式的组合励磁发电机结构示意图

1—导磁轴; 2—弧形磁极支架(非导磁); 3—垂直磁极; 4—导磁支架; 5—弧形磁极; 6—电励磁部分定子;
7—套环或极靴; 8—部分定子; 9—永久磁铁; 10—转子磁极; 11—非磁性隔圈。

组合励磁永磁发电机由永磁主发电部分及电励磁辅助发电部分组成, 由图可见, 其定子铁芯及定子绕组与普通发电机并无差异, 但转子明显分隔成两个部分: 永磁励磁部分及无刷结构的电励磁辅助部分, 这两部分的主磁路是相互独立的。建立气隙磁场的主要部分由稀土永磁承担, 而电压变化所需的调节部分由辅助电励磁承担, 从而解决了永磁发电机的电压调节问题。组合励磁永磁发电机的设计方法以现有的较成熟的永磁发电机和电励磁发电机的设计方法为基础, 其设计方法的主要特点见文献^[1]。显然, 由于组合励磁永磁发电机具有主辅两部分, 结构较为复杂, 各部分参数的选取与配合需多次调整以满足一定的性能要求, 故而计算工作量较大, 手算设计比较困难。因此, 设计组合励磁永磁发电机运用计算机辅助设计是十分必要的。在研究开发组合励磁发电机的过程中, 我们编制了一套该电机的CAD程序。下面对该软件作简

要介绍。

1 设计思想和方法

本CAD程序的编制目的,在于开发采用稀土永磁材料的磁路独立式组合励磁同步电动机,面向有一定设计经验的电机设计人员,考虑到不同的开发研究条件,本程序主要具有以下两个特点:

(1) 具备多功能,适应多种情况,方便设计

在1KVA~50KVA容量范围内,选定永磁主发电机转子结构的具体形式(切向、径向结构,径向结构包括有极靴装配式、套环紧圈式),在程序设计中由设计者通过“人机对话”方式,由屏幕提示输入相应信息,程序可自行判别进入各对应计算分支。

根据实际的设计情况,为节省开发费用,有时采用已有的定子冲片;或者是采用未开槽的环形冲片,此时仅需设计槽形;或者是重新设计冲片。这也是由设计者通过“人机对话”方式输入有关信息。在槽形选择上,程序可提供平行齿梯形槽、平行齿梨形槽和梯形齿矩形槽,由设计者根据需要进行选择。

程序内部已具有常用导磁材料的磁化曲线及损耗曲线的分段拟合公式,设计时需由设计者按屏幕提示输入代表电枢铁芯、转子磁轭、极靴等磁路部件的磁性材料的字符串变量值,程序可自动按不同的材料进行处理。若采用程序中没有包括的材料,则可按屏幕提示,输入该材料的磁化曲线、损耗曲线数据及代表材料名称的字符串,程序自动进行分段拟合处理供设计计算时调用。

程序在开始要求设计者输入必要的设计信息后,便可自动从电机设计的经验数据库中选择合适的主要设计变量的数值。我们所选取的主要设计变量有:线负荷 A 、气隙磁密 B_g 、定子内径 D 、定子外径 D_1 、气隙长度 δ 、开槽时的齿磁密 B_{δ} 及轭磁密 B_j 、极弧系数 α 等8个,并由此按一般设计规律决定一些次要的设计变量。进行设计运行后,得出最佳设计方案。并将设计结果及电机性能以表格或曲线形式在屏幕上逐页显示,以便由设计者考察分析,作出修改后进行下一步调整设计。

(2) 分析与综合相结合,充分利用设计者的经验

本CAD程序带有部分综合设计性能的分析设计程序,对不满足某些性能指标的方案能自行修改相关参数。如判别磁铁工作点是否合理、确定磁铁尺寸、自动开槽、选择线规等。对一些性能指标是否满足由设计人员判别,如效率、永磁主发电机电压变化率等等。这类性能指标主要决定于设计的主要变量的选取。本CAD程序在得到最初设计方案后将设计结果(各部分尺寸、参数及电机性能核算结果)输出,询问设计者方案可行否。若需改进,则再次显示出原主要设计变量取值,并要求输入改进变量值。设计者可根据自己的设计经验对设计的主要变量作出调整修改。程序将按改进的主要设计参数进行再次设计得出新的方案,重复上述过程,直到设计者得到满意的可行方案。

2 程序框图及说明

组合励磁发电机的设计在许多方面有别于普通永磁的和电励磁的发电机^[1],但是又是以两者的设计方法为基础的。本CAD程序充分体现了组合励磁发电机的设计特点,将永磁主发

电机的设计与电励磁辅助部分的设计有机地连成一体。该程序采用 QuickBASIC 语言编制,运用结构化、模块化的编程思想,使整个程序清晰明了。程序框图如图 2。

组合励磁永磁发电机 CAD 程序利用了计算机运算速度快及准确性高的特点,很好地解决了主、辅发电机的匹配问题。

组合励磁永磁发电机的外特性见图 3。曲线 1 为调节器起作用时发电机输出一恒定电压 U_N , 曲线 2 为仅主电机的永磁磁场作用的外特性。曲线 3 为电励磁辅助发电部分在调节器作用下的伏安特性,可见当负载 $I = I_N$ 时,永磁主发电机部分电压为 U_{MN} , $U_{MN} < U_N$, 与额定电压的差值 $(U_N - U_{MN})$ 需由电励磁部分提供。空载时, $U_{M0} > U_N$, 需由电励磁部分提供一反向电压 $(U_{M0} - U_N)$ 去抵消, 曲线 1 将曲线 2 分为上下两部分。因为存在着电枢反应的去磁作用须使 $(U_{M0} - U_N) > (U_N - U_{MN})$, 这

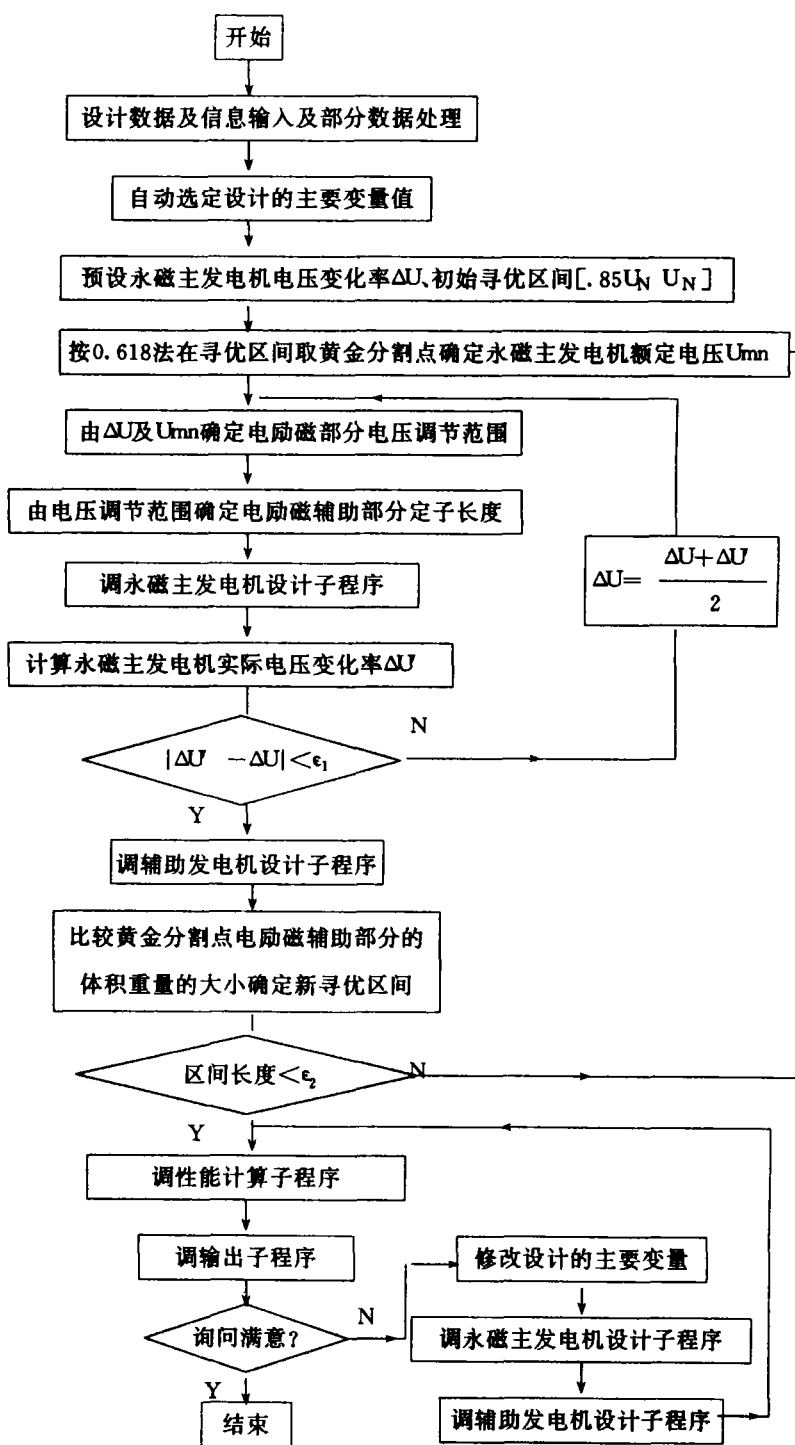


图2 程序框图

样可使励磁安匝较少。电机的额定电压 U_N 由设计者给出。但在确定电机主、辅发电部分的磁路尺寸时,必须依据 U_{MN} 及 $U_{M0}-U_{N0}$ 。所以必须先选定 U_{MN} , U_{M0} 的初始设计值。选定 U_{M0} 后, $U_{M0}-U_N$ 即知。选取的初始值是否合适,将直接关系到电励磁辅助部分的励磁安匝是否较小,体积重量是否较小。因为永磁主发电机的电压变化率 ΔU 为

$$\Delta U = \frac{U_{M0} - U_{MN}}{U_{MN}}$$

所以在本 CAD 程序中预取 U_{MN} 并预设电压变化率 ΔU , 由此得 $U_{M0}-U_N$, 当调用永磁主发电部分设计主程序后求算 $\Delta U'$, 校验 ΔU , 返回迭代, 直到满足精度要求。

因为 U_{MN} 的取值对电励磁辅助部分的影响较大, 本 CAD 程序对 U_{MN} 的取值在 $(0.85U_N, U_N)$ 区间(对一般永磁电机发电机 $\Delta U > 0.15$) 内采用了 0.618 法^[3] 进行了一维寻优, 优化目标可以有二种, 一种是电励磁的励磁安匝最少, 另一种是体积重量最轻。这样可使得电励磁辅助部分仅仅是辅助作用, 更突出组合励磁永磁发电机的优点。

3 结束语

在组合励磁发电机的设计中采用计算机辅助设计是保证设计准确迅速的必要手段。本 CAD 程序的运用可使电机设计人员仅仅将其精力放在设计结果的判别与调整主要设计参数上, 大大提高了设计组合励磁发电机的工作效率。

本 CAD 程序未编制完全综合设计的程序, 这样具有简单、快捷、充分发挥电机设计者经验的优点, 能使设计者在调整参数的过程中充分考虑到多种因素, 得到一个较为理想的方案。

运行此程序, 设计了一台 2KVA 的组合励磁发电机样机, 根据对样机的测试结果表明, 此程序是正确的, 设计思想及方法是可行的, 具有一定的实用价值。

参考文献

- 1 黄文新. 陈海镇. 组合励磁永磁发电机. 江苏机械制造与自动化. 1995, 2
- 2 B. A. Tanyarpos. 永磁发电机. 1988
- 3 王冲权. 电机的计算机辅助设计与优化技术. 上海交大出版社, 1988

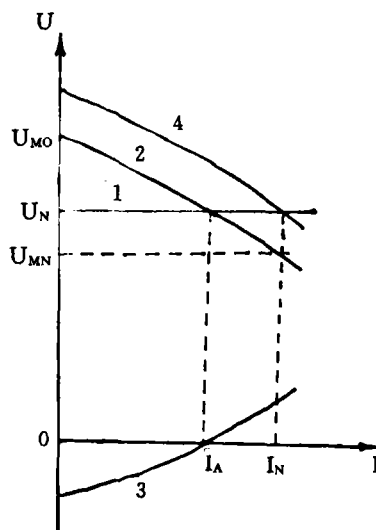


图3 组合励磁永磁发电机的外特性