

基于 python 和田口法的永磁无刷电机智能化设计脚本

作者：郑书淳 联系方式：17350545062@163.com

所在公司：宁波生久集团

关键词：优化、田口法、python、永磁无刷、单相、三相、智能化

摘要：本文介绍基于 python 和田口法的永磁无刷电机智能化设计脚本，分为五部分展示该项目的项目背景、程序流程图、计算结果示例、结论和引用文献。

前言：

为了避免现在盛行的期刊论文的花俏无用的概念炒作和别有目的的弄虚作假，并且考虑到目前网络、知识的普及和对于科技进步的迫切需求，以及期刊平台由于其封闭性已经不能满足现代日新月异的科学成果展示，而且成为包裹着科学外皮的新资本阶层代名词，这篇文章以实际工业应用为目的，分为五部分展示该项目的项目背景、程序流程图、计算结果示例、结论和引用文献，并以网络社区发表公布，以社交媒体传播推广，希望能加快科技成果传播和交流。本人由于水平有限，有不足处请多谅解而且欢迎指正和交流。

一、项目背景

2020 年 9 月份由于项目需要和领导建议，开始做基于田口法的电机优化脚本，开始时用 VBscript 编写，后面随着项目的完善和 python 的优越性，项目源码转移到 python 平台。

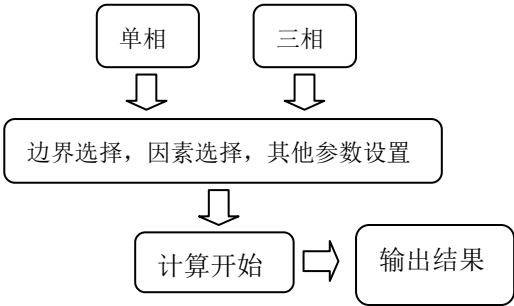
该项目是针对单相和三相无刷外转子风扇用永磁直流电机性能优化的。优化算法模型选择时考虑了电机优化不是连续函数的单极值优化，而是离散空间多目标寻优。而且电机性能计算是基于有限元仿真的，所以计算时间较长，先排除遗传算法等对于迭代次数需求较多的优化算法模型。

对于离散空间多目标寻优，特别是复杂环境和较大计算量时，针对优化因素对于相应计算结果的影响度的分析至关重要，因而选择了可以分析影响因子对结果的影响度和计算对应的均值的田口优化法。

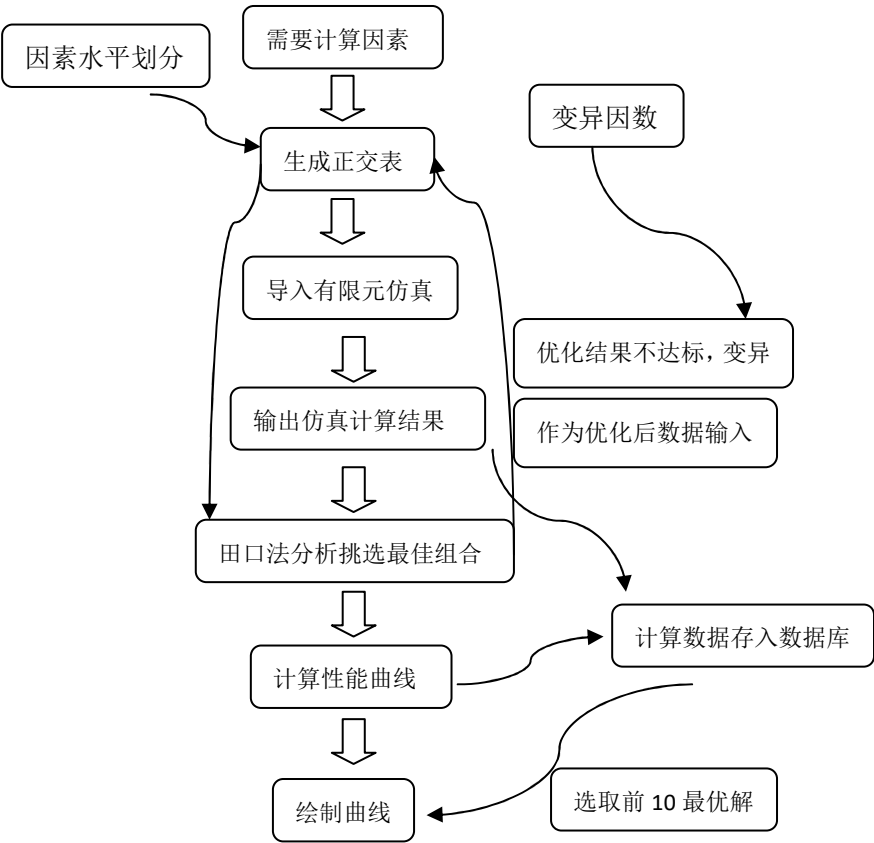
而电机性能有限元分析则是利用现有有限元分析的 API 接口，我的优化脚本完成的工作是利用田口优化法进行计算原始数据生成，而后导入有限元分析软件分析获取性能计算结果，再将结果数据结合原始数据进行田口法分析，根据分析结果选择下一轮计算原始数据，然后重复以上操作，在一般条件下，该脚本在 50 次计算以内可以获得全局（求解空间为工程允许空间）最优解。

二、 程序流程图

1、总体流程图



2、细分流程图



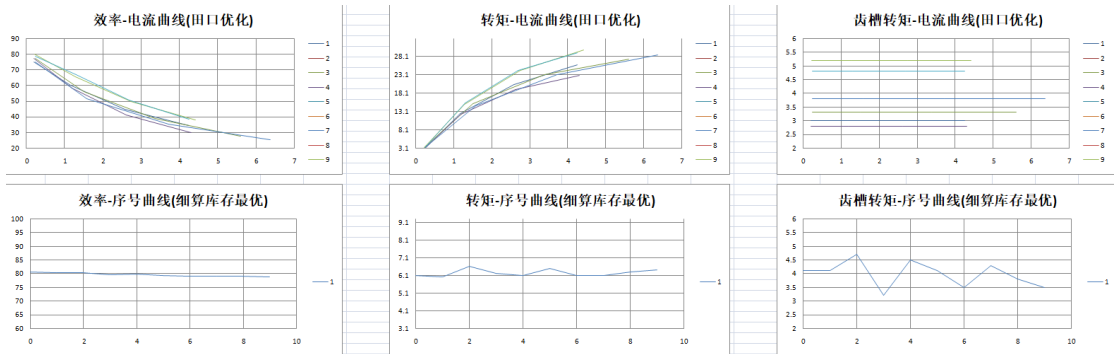
三、 计算结果示例

单相无刷直流电机智能化计算结果示例

1、 需调整因数如下表所示,判断指标为:效率越大越好,转矩 6 mN.m,齿槽转矩小于 4 mN.m。

匝数	铁壳厚	齿宽	气隙	槽满率	极弧系数	超前角	峰值电流	磁铁厚度	槽口宽	槽顶深	槽底圆角	槽尖圆角	槽深	固定转子外径	定子内径	极对数	齿顶厚度中系数	齿顶厚度大系数	外径下沉大	外径下沉中系数	槽顶圆角
70	0.8	2.9	0.4	0.4	166	30	0.5	3.1	2.6	1.2	0.8	0.4	6.8	41.1	10	2	1.1	1.6	0.36	0.45	0.8

2、 优化结果，因数水平划分间距 10%，变异系数 50%，计算次数 11 次。

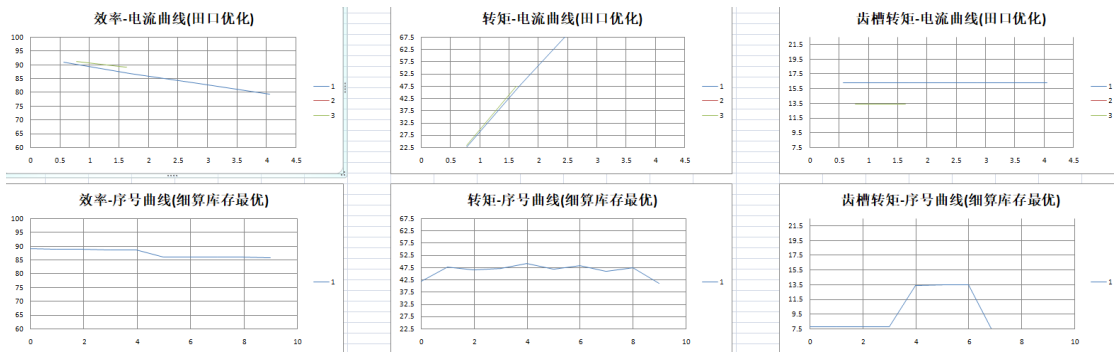


三相无刷直流电机智能化计算结果示例

1、需调整因数如下表所示,判断指标为:效率越大越好,转矩 45 mN.m,齿槽转矩小于 15 mN.m。

匝数 1	极弧系数	超前角	峰值电流
55	166	6.9	1

2、 优化结果，因数水平划分间距 20%，变异系数 50%，计算次数 3 次。



四、 结论

将数据库、田口法和电机有限元分析通过 python 结合起来，可以实现电机性能计算的智能化和自动化，我的这个程序能实现电机设计智能化，并且可以自动存储每次计算结果和参数，随着该脚本使用的时间累加，库存数据增加，库存数据越有可能已存在最优解，今后优化电机性能的需要计算次数越少。

单次计算耗时为：

- 1、因数个数 <5 ，10 分钟；
- 2、 $5 \leq$ 因数个数 <14 ，20 分钟；
- 3、 $14 \leq$ 因数个数 <26 ，40 分钟；
- 4、 $26 \leq$ 因数个数 ≤ 31 ，40 分钟；

优化因数越少，该脚本需要越少的计算次数就能获得全局最优解，即使因素过多，大多数情况下只需要 50 次以下的计算次数就可以获得全局最优（适当的因素水平划分）。

五、 引用文献

本文参考资料为所有在电机领域、优化领域、智能化领域、编程领域和数据库领域做出贡献的国内外的前辈、先行者的文献著作。