

DOI:10.3969/j.issn.1001-4551.2015.09.023

基于 FLUX 的磁保持接触器电磁系统的分析

肖 斌, 文宝珠, 朱正伟

(贵州振华群英电器有限公司, 贵州 贵阳 550018)

摘要:针对磁保持接触器设计复杂的问题,对磁保持接触器电磁系统快速设计方法进行了研究,提出了一种基于有限元分析软件 FLUX 来快速计算磁保持接触器电磁系统的方法。设计时首先需根据磁保持接触器外形及指标需求绘制电磁系统三维图,然后对电磁系统进行了静态吸力特性仿真分析,得出了磁保持接触器衔铁在各动程下的保持力,再结合接触器的机械反力特性曲线,绘制出了接触器的吸力特性曲线,验证了接触器是否能在规定的动作电压范围内动作,验证接触器的冲击指标是否满足设计要求,最终确定电磁系统的设计是否合理。研究结果表明,该方法仿真结果与样品实测参数接近,能快速地对磁保持接触器电磁系统进行优化设计,提高设计效率。

关键词: FLUX; 磁保持接触器; 仿真分析; 吸力特性曲线

中图分类号: TM572.6; TP391.9

文献标志码: A

文章编号: 1001-4551(2015)09-1254-04

Analysis on electromagnetic system of magnetic latching contactor based on FLUX

XIAO Bin, WEN Bao-zhu, ZHU Zheng-wei

(ZHENHUA QUNYING RELAY Co., LTD, Guiyang 550018, China)

Abstract: Aiming at the problem of complex design of magnetic latching contactor, a rapid design method of the electromagnetic system of magnetic latching contactor was studied, and a method for rapid calculation of the electromagnetic system of magnetic latching contactor based on finite-element analysis software FLUX was proposed. In the design, a three-dimensional graph was first plotted in accordance with the shape and index demand of magnetic latching contactor, then simulation analysis on the static attractive torque characteristic of the electromagnetic system was conducted to obtain the latching force of magnetic latching contactor armature in each stroke, next combined with the mechanical counterforce characteristic curve of the contactor, the attractive torque characteristic curve of the contactor was plotted, whether the contactor can act within the specified action voltage range was verified, and whether the impact indexes of the contactor can meet the requirements of design was verified, finally whether the design of the electromagnetic system was reasonable. The results indicate that simulation results of the proposed methods are similar to practically measured parameters of the sample, the method can rapidly optimize and design the electromagnetic system of magnetic latching contactor, thus improving the efficiency of design.

Key words: FLUX; magnetic latching contactor; simulation analysis; attractive torque characteristic curve

0 引 言

随着世界经济的发展,节能减排已被世界各国作为重要议题来研究^[1],在航空航天应用中,对节能降耗的需求也越来越明显。传统的电磁式接触器运行时线圈需通电产生电磁吸力来保持吸合状态,由于长期通电,不仅能耗大,线圈的温度升高也会使线圈易烧毁,且整机应用中必须增加散热装置^[2-5]。

磁保持接触器是为适应电子元器件的低功耗要求

而发展起来的新型控制电器。它的显著特点是只需在线圈中通以一定电流脉冲,就可以实现触点的转换,即采用脉冲来驱动接触器动作,在线圈断电(脉冲消失)后可实现自保持功能。因此,磁保持继电器接触器具有控制方便、体积小、节能、节材等特点^[6]。

磁保持接触器主要由电磁系统和接触系统组成。在设计磁保持接触器时,需要对电磁系统进行计算,通常先根据产品的负载能力要求,计算出磁保持接触器的机械反力曲线,然后再计算出电磁系统的吸力特性

曲线来验证设计是否合理。传统的经验公式计算方法既不准确,耗时也长,且不能及时进行优化设计^[7]。

随着电器设计与分析技术的迅速发展,有限元法在电器电磁场分析中得到了广泛应用。

本研究将利用 FLUX 软件对某型号磁保持接触器电磁系统进行分析,通过绘制出吸反力特性曲线来验证继电器电磁系统的设计是否合理。

1 有限元仿真分析

1.1 分析流程

FLUX 软件是法国 Cedrat 公司开发的大型有限元分析 (FEA) 软件,适用于分析电机、传感器、变压器、继电器等机电元件的静磁、稳磁、瞬态磁、磁热耦合等问题,在电磁场的分析方面较为方便^[8]。在磁保持接触器的设计过程中,需要大量的吸力特性和反力特性计算^[9],反力特性由磁保持接触器的负载能力决定,吸力特性则需要利用仿真软件进行快速计算。

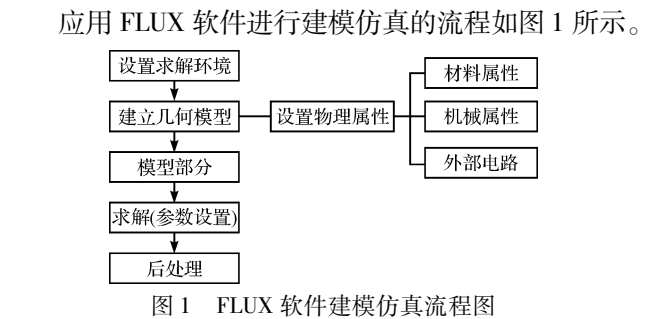


图 1 FLUX 软件建模仿真流程图

1.2 分析步骤

1.2.1 建立模型

根据磁保持外形及指标需求绘制电磁系统模型如图 2 所示。

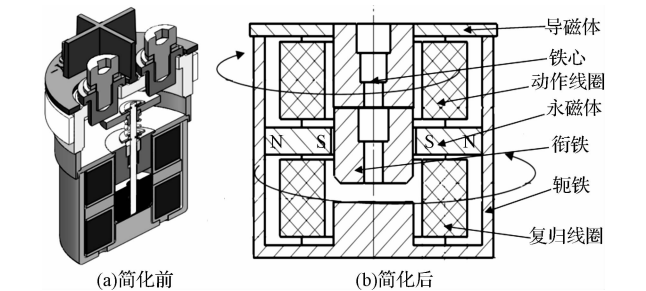


图 2 某型号接触器电磁系统简化前后模型

该磁保持接触器工作原理是：
在复归状态时,衔铁、轭铁下端与永磁体形成磁回路,衔铁在永磁体的作用下保持在复归状态;对动作线圈通电,线圈产生的磁场克服永磁体的磁场,使得衔铁向上运动,衔铁、轭铁上端、导磁体与永磁体形成磁回路,线圈断电后,衔铁在永磁体的作用下保持在动作状

态,接触器触点接通;对复归线圈通电,线圈产生的磁场克服永磁体的磁场,使得衔铁向下运动恢复成复归状态,接触器触点断开。

该磁保持接触器动作电压、复归电压指标要求为: 14 V ~ 18 V,对应的线圈电流为 0.56 A ~ 0.72 A,线圈匝数 = 1 000 匝。

1.2.2 材料属性

轭铁、衔铁、铁心、导磁体材料为真空退火处理后的电工纯铁;永磁体为铷铁硼。

(1) 软磁材料

表 1 电工纯铁 (DT4E) 的 B-H 曲线	
磁场强度/(A · m ⁻¹)	磁感应强度/T
0	0
200	1.20
300	1.30
500	1.40
1 000	1.50
2 500	1.62
5 000	1.71
10 000	1.80

(2) 永磁材料

铷铁硼,查 GB/T 13560—2000,磁感应强度 $B = 1.38$ T,相对导磁率为 1.05。由于永磁极性不同,需要通过设置坐标轴来确定方向,坐标轴正向为 N 极,负向为 S 极。

1.2.3 仿真求解

FLUX 的静态磁场分析可以在给定的电压 (电流) 的情况下,衔铁动程从初始复归状态到动作状态进行连续仿真。本例衔铁动程为 0.03 mm ~ 1.95 mm,首先对线圈不通电的情况进行仿真,分析在非激励的状态的保持力如图 3 所示。

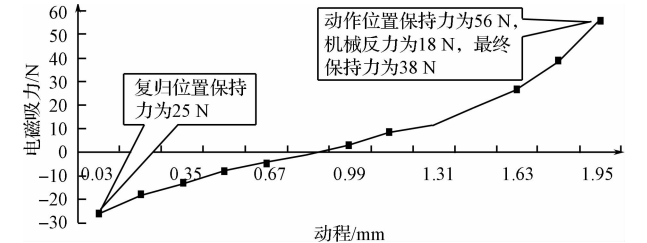
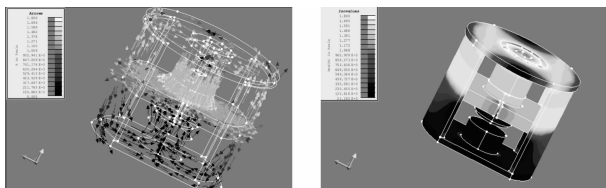


图 3 非激励状态衔铁保持力

从图 3 可以看出,复归位置的保持力为 25 N,动作位置的最终保持力为 38 N,可根据产品的抗冲击指标,计算保持力是否满足环境指标需求。

非激励状态动作位置仿真得的磁感应强度矢量图和其磁感应强度云图如图 4 所示。

从图 4 可以看出,到继电器各部分磁感应强度的分布情况,动作位置磁回路中永磁体与衔铁处磁感应强度最大,使衔铁保持在动作位置。



(a)磁感应强度矢量图

(b)磁感应强度云图

图 4 非激励状态动作位置磁感应强度 B 的矢量图和云图

2 吸反力特性曲线绘制

为了验证磁保持接触器是否能在规定的工作电压内动作,本研究根据产品的负载需求,设计接触器所需的触点间隙、触点压力和触点超程,并绘制出机械反力曲线。然后分别对复归和动作线圈加电,仿真衔铁在动程 0.03 mm ~ 1.95 mm 区间的受力情况。

将仿真的电磁吸力与机械反力的合力绘制成的吸力特性曲线如图 5 所示。

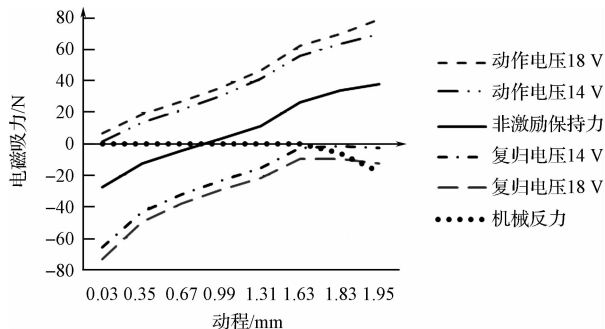


图 5 继电器的吸力特性曲线

从图 5 中可以看出,复归和置位线圈施加 14 V d. c. 电压时,吸力曲线高于非激励的保持力曲线,继电器可以在规定的动作电压范围内动作。

3 试验及结果分析

3.1 动作电压确定及优化

实际工程应用中,接触器动作电压、复归电压为 16 V ~ 17 V,比仿真的结果略大,主要是因为仿真过程中为降低仿真工作量,忽略了轭铁与导磁体、永磁体与导磁体等磁回路之间的气隙。

在实际工程应用中,若需要增减动作电压时,可先更改电磁系统结构模型,然后再仿真分析,得出更改后的结构是否能满足设计要求,从而减少不必要的摸底验证,降低设计成本,提高设计效率。更改电磁系统结构模型时,可通过磁感应云图判定磁路是否饱和,在磁

路未饱和的情况下,可更改轭铁、衔铁等导磁零件尺寸,增加绕线空间来提升安匝值;在保持力满足环境指标需求的情况下,也可修改永磁体尺寸,来增加或降低动作电压。若动作电压和复归电压存在差异,可通过改变动作线圈或复归线圈的安匝值来实现。

3.2 抗冲击指标确定及优化

实际工程应用中,磁保持接触器非激励状态的保持力决定了接触器的抗冲击指标好坏。笔者通过仿真非激励状态的保持力,计算出磁保持接触器复归位置、动作位置保持力;由于动作位置触点吸合存在机械反力,动作位置的静态保持力需要减去机械反力。由衔铁、触点等组成的传动部分质量 m ,根据 $F = ma$ 可计算出接触器在衔铁运动方向的抗冲击性能指标。若计算的抗冲击指标不能满足设计要求,可修改永磁体尺寸。

在工程应用中,若结构设计已经确定的情况下,想增加电磁系统的保持力,可利用工艺手段来减小导磁体与铁心之间铆接部位的间隙、导磁体与轭铁的装配气隙、永磁体与衔铁之间的装配气隙,达到降低磁阻提升电磁吸力的目的。

4 结束语

笔者通过对磁保持接触器电磁系统有限元仿真分析方法的研究,可得到一种基于 FLUX 软件的快速计算磁保持接触器电磁系统的方法。该方法首先基于磁保持接触器的外形尺寸及指标需求建立模型图,然后对电磁系统的衔铁各动程下的保持力进行仿真分析,再结合接触器的机械反力特性曲线,绘制出接触器的吸力特性曲线,在实物验证之前就能准确的判定磁保持接触器动作电压、复归电压、冲击指标是否满足设计需求。

根据仿真结果,若不满足接触器的指标需求时,可以修改模型快速进行仿真,不需装配产品进行验证后再改进,从而达到降低设计成本,提高设计效率的目的。工程人员还可以利用仿真结果,分析电磁系统磁感应强度的分布,为接触器的优化设计提供有效的手段。

参考文献 (References):

- [1] 郭玉萍,杨一平. 永磁接触器工作原理和节能技术的研究[J]. 制造业自动化,2011(5):149-151.

(下转第 1266 页)

本文引用格式:

肖 斌,文宝珠,朱正伟. 基于 FLUX 的磁保持接触器电磁系统的分析[J]. 机电工程,2015,32(9):1254-1256,1266.

XIAO Bin, WEN Bao-zhu, ZHU Zheng-wei. Analysis on electromagnetic system of magnetic latching contactor based on FLUX[J]. Journal of Mechanical & Electrical Engineering, 2015, 32(9): 1254-1256, 1266.

《机电工程》杂志: <http://www.meem.com.cn>