

供用电系统谐波滤波 与无功功率补偿仿真软件

徐永海^{1,2}, 金 焱^{1,2}, 姚宝琪³, 林 峰³

- (1. 华北电力大学 电力系统保护与动态安全监控教育部重点实验室, 北京 102206;
2. 华北电力大学 电气工程学院, 北京 102206;
3. 北京电联力光电气有限公司, 北京 100085)

摘要: 谐波治理的重要手段是采用各种形式的滤波器, 开发实用的滤波器设计软件非常必要。介绍了所开发的供用电系统谐波滤波与无功功率补偿仿真软件的基本功能及特点: 用工程文件方式保存工程设计基本参数、滤波方案及滤波器参数配置等; 可在一个数据表中进行 4 种滤波器任意组合滤波方案的设置; 仿真计算滤波电容器额定参数等, 并可在额定频率和频率偏差情况下进行滤波效益与参数校验工作。所开发的软件参数输入与修改便捷, 可方便地进行用户谐波电压与电流超标情况、电容器谐波放大问题分析、滤波效果校验、滤波器阻频特性分析等。在某钢厂的应用实例证明该软件可靠、稳定、方便。

关键词: 谐波滤波器; 无功补偿; 仿真软件

中图分类号: TM714

文献标识码: A

文章编号: 1006-6047(2006)12-0093-03

在谐波源设备确定的情况下, 在谐波发生处就近安装滤波器是消除谐波最有效的措施^[1-3]。典型无源电力滤波器有单调谐滤波器、C 型高通滤波器、二阶高通滤波器与双调谐滤波器, 对于不同性质的谐波源应采用不同滤波器的组合方案^[4-7]。

滤波器设计时需要考虑的因素较多, 需进行滤波效果的校验, 过电压、过电流、过负荷及谐振校验等, 往往需在电容器额定参数选择、调谐点选择、谐波滤

波效果与无功功率补偿容量的分配等方面反复调整, 并可能要进行多个滤波方案的技术经济比较^[8-9]。因此, 相关的计算工作量大, 需要设计人员具有较高的专业水平。为使工程技术人员高效方便地进行谐波滤波分析和滤波器设计, 开发实用化的设计软件包是非常必要的^[4,10-11]。

1 软件基本功能及特点

本软件主要用于供用电系统谐波滤波与无功功

率补偿问题的分析及滤波装置的设计仿真。软件包括:文件管理、数据导入、设计参数输入与超标分析、滤波方案设置、电容配置与滤波器参数、滤波效益与参数校验、输出打印、谐波国标允许值等主要功能选项。

本软件采用的开发工具具有可视化、面向对象与灵活数据库以及强大的图形处理功能等特点,高效创建生成 Windows 应用程序。开发的软件平台由多窗口及菜单组成,输入数据方便,设计结果以数据菜单或图形方式给出,可方便地进行电容器谐波放大问题分析、滤波效果校验、滤波器阻频特性分析等。

软件编制力求简洁、使用方便、灵活、直观,下面描述其主要特点。

a. 利用软件灵活数据库功能可将某一工程设计的基本参数、滤波方案以及滤波器参数配置等以工程文件方式保存。在“文件”菜单中打开相应文件后,无需重新输入该工程滤波器设计的基本参数,可直接进行“滤波效益与参数校验”工作,从而极大方便滤波工程的设计开发与仿真。

b. 可将由实测数据生成的 Excel 文档直接导入软件的数据库中,并对采集的电流谐波文件中的数据进行统计分析,得到相应的电流波形图及电流含有率图形。

c. 参数输入与谐波超标分析功能菜单实现输入设计仿真工作所需的供电系统基本参数,分析判断用户谐波源允许注入的谐波电流和电压的超标情况。

d. 滤波方案设置功能菜单可在一个数据表中,进行包括单调谐、二阶高通、C 型高通以及双调谐 4 种滤波器任意组合所构成滤波方案的设置。

e. 可对单调谐、二阶高通、C 型高通以及双调谐滤波器进行仿真计算,给出各滤波器滤波电容器的额定参数,并可给出按电容器额定电压、容量与串/并联台数方式设定的滤波器参数。

f. 可在额定频率和频偏情况下进行滤波器滤波效益及滤波电容器过电压、过电流与过负荷校验,并以窗口菜单或图形曲线方式直观显示滤波器与系统的阻频特性以及滤波前后电流、电压波形和含有率图形等,所有波形均可保存,以方便使用。

g. 提供输出打印功能,可直接输出 RTF 文档,能在 Word 环境下编辑,并可直接打印仿真结果。

h. 设计参数输入与修改方便。软件中在多处给出了相应的数据输入与操作提示,并且当输入不正确时,还可自动给出错误信息提示。此外,软件还具有对滤波方案或滤波器参数进行方便修改的功能,以便于精确地进行滤波器设计与校验。

2 实例分析

某钢厂 35 kV 母线所带电弧炉负荷产生的谐波电流主要是 2、3、4 次,为此考虑装设相应的滤波器。采用所开发的软件进行仿真,加装 2、3、4 次单调谐滤波器后,可得到在额定频率时滤波前后注入系统谐波电流频谱图,从而可直观看到滤波器投入前后

系统谐波电流的变化情况。在校验滤波效果时,应在额定频率和可能的等值频率偏差(考虑系统频率偏差、滤波电容器、电抗器、电阻器的偏差以及环境温度的影响等)情况下进行。软件中可方便地设定频率偏差,进行各种情况下的滤波效果校验。

图 1 所示为额定频率时的阻抗频率特性曲线(Z 为阻抗, N 为谐波次数;下同),滤波器组间的并联谐振点为 110.0 Hz 和 165.1 Hz。滤波器组与系统间的并联谐振点为 90.0 Hz、135.0 Hz 和 180.1 Hz。通过仿真计算表明,在系统不同的运行工况下,在所需滤除的谐波频次附近,所设计的滤波器不会与系统产生并联谐振和谐波放大。在阻抗频率特性的计算中,应采用较小的扫描步长,软件中最小的扫描步长可取为 0.2 Hz,以便准确地确定谐振点。

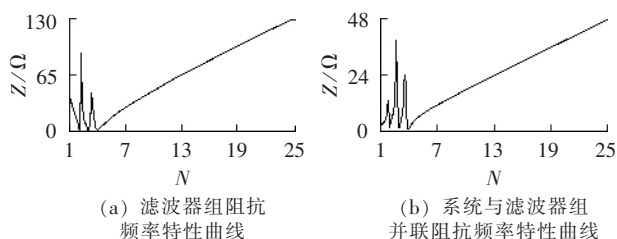


图 1 阻抗频率特性曲线

Fig.1 The impedance-frequency characteristic curves

图 2 为滤波器组与系统间的并联阻抗和系统阻抗的比值特性曲线(γ 为比值)。由该曲线可直观看到所装设滤波器对 2、3、4 次谐波和 4 次以上谐波电流良好的滤波特性。比值小于 1 时对应于滤波状态。

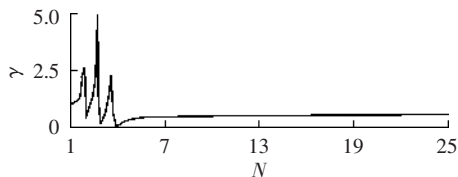


图 2 滤波器组与系统间并联阻抗和系统阻抗的比值特性曲线

Fig.2 Ratio characteristic curve of parallel impedance between filters and system impedance to system impedance

除直观的图形显示外,在软件分析中还有大量的数据表,可直接给出各种必要的的数据。如在谐波电流滤波效果窗体中,在一个表格中给出了 2~50 次各次谐波注入系统电流、各次谐波注入滤波器电流、负荷谐波电流、系统允许谐波电流、各次谐波滤波前后电压含有率及总计的注入系统谐波电流、注入滤波器谐波电流、负荷谐波电流、滤波前后电压总畸变率等,以方便比较滤波效果。

3 结论

软件开发借鉴了笔者以前所开发软件的经验,修正了其不足之处。原软件已经过了多年的滤波工程实际检验,证明了其正确性;本软件则进一步突出

了软件的实用性与使用的方便性,充分考虑了滤波器设计中的某些实际问题。软件具有界面友好、图文并茂、直观易懂、操作简便、人机对话功能强,并可自动给出输入错误提示信息等特点。

软件可用于新建或改建谐波滤波与无功功率补偿工程,也可对已建工程所装设滤波器进行校核。对于新装设滤波器的实际工程,利用所开发的设计软件可方便、快速地进行无功功率补偿与谐波治理的分析与设计仿真,进行不同方案的比较,可科学、合理地确定补偿措施,并最终给出滤波电容器、电抗器与电阻器的额定参数,据此,设计单位可直接从厂家定货,从而为滤波器设计人员提供便利与科学的依据,为企业带来直接或间接的经济效益。

参考文献:

- [1] 肖湘宁,韩民晓,徐永海,等. 电能质量分析与控制[M]. 北京:中国电力出版社,2004.
- [2] 肖湘宁,徐永海. 电力系统谐波及其综合治理[J]. 中国电力,1998,31(4):59-61.
XIAO Xiang-ning,XU Yong-hai. Problems and comprehensive control of power system harmonics[J]. Electric Power,1998,31(4):59-61.
- [3] 肖湘宁,徐永海. 电能质量问题剖析[J]. 电网技术,2001,25(3):66-69.
XIAO Xiang-ning,XU Yong-hai. Power quality analysis and its development[J]. Power System Technology,2001,25(3):66-69.
- [4] 彭协华,张代润,朱代祥. 无源滤波器设计新方法[J]. 电力电子技术,2004,38(4):29-31.
PENG Xie-hua,ZHANG Dai-run,ZHU Dai-xiang. New design of passive power filter[J]. Power Electronics,2004,38(4):29-31.
- [5] 茅建华. 无源消谐波滤波器 LC 参数选择原则的研究[J]. 电力建设,2005,26(5):53-55.
MAO Jian-hua. Study on choice principles of LC parameters of passive filters of eliminating harmonic waves[J]. Electric Power Construction,2005,26(5):53-55.
- [6] 徐永海,王铭诚. 双调谐滤波器的参数选择[J]. 北京动力经济学院学报,1995,12(2):6-11.
XU Yong-hai,WANG Ming-cheng. A study on the selection of the dual-tuned filters[J]. Journal of Beijing Power Engineering and Economics Institute,1995,12(2):6-11.
- [7] 徐永海,王铭诚. 滤波器参数与特性的灵敏度分析[J]. 北京动力经济学院学报,1993,10(3):63-69.
XU Yong-hai,WANG Ming-cheng. On the sensitivity analysis of filter parameters and performance[J]. Journal of Beijing Power Engineering and Economics Institute,1993,10(3):63-69.
- [8] 魏晓光,石新春. 基于改进遗传算法的无源滤波器设计[J]. 电力自动化设备,2003,23(3):55-58.
WEI Xiao-guang,SHI Xin-chun. Passive harmonious filter design based on refined genetic algorithm[J]. Electric Power Automation Equipment,2003,23(3):55-58.
- [9] 涂春鸣,罗安,刘娟. 无源滤波器的多目标优化设计[J]. 中国电机工程学报,2002,22(3):17-21.
TU Chun-ming,LUO An,LIU Juan. Multi-objective optimal design of passive power filters[J]. Proceedings of the CSEE,2002,22(3):17-21.
- [10] 徐永海,肖湘宁,张一工,等. 无源电力滤波器及其实用化设计软件包[J]. 现代电力,1996,13(3):1-7.
XU Yong-hai,XIAO Xiang-ning,ZHANG Yi-gong,et al. Design methods and computer program of A.C. filters[J]. Modern Electric Power,1996,13(3):1-7.
- [11] 赵文韬,王树民. 供电系统电能质量综合治理软件研究[J]. 电力自动化设备,2002,22(7):27-28.
ZHAO Wen-tao,WANG Shu-min. Study on power quality analysis software for distribution system[J]. Electric Power Automation Equipment,2002,22(7):27-28.

(责任编辑:李育燕)

作者简介:

徐永海(1966-),男,河南新野人,教授,博士,从事电力系统谐波、电能质量等方面的研究工作(E-mail:yonghaixu@263.net);

金焱(1980-),男,内蒙古临河人,硕士研究生,研究方向为电能质量分析、电力系统谐波分析与综合治理。

Simulation software of harmonic filter and reactive power compensation for distribution system

XU Yong-hai^{1,2}, JIN Yan^{1,2}, YAO Bao-qi³, LIN Feng³

(1. Key Laboratory of Power System Protection and Dynamic Security Monitoring and Control, Ministry of Education, North China Electric Power University, Beijing 102206, China;

2. Electrical Engineering Department, North China Electric Power University, Beijing 102206, China;

3. Beijing Dianlianliguang Electric Co., Ltd., Beijing 100085, China)

Abstract: Since the application of different filters is the main means of harmonic suppression, the development of practical filter design software is necessary. Fundamental functions and characteristics of a developed harmonic filter and reactive power compensation software are introduced. The basic engineering design data, filter configuration and filter parameters are saved in engineering documents; four filter configurations can be arbitrarily combined in a data sheet; rated parameters of filter capacitors are simulated and determined; and the filtering efficiency and parameter can be verified at rated frequency with and without deviation. Parameter input and modification are easy. The user harmonic voltage and current violation and capacitor harmonic magnification, the filter efficiency verification and the filter impedance-frequency characteristics can be conveniently analyzed. The application in a steel mill shows its reliability, stability and convenience.

Key words: harmonic filter; reactive power compensation; simulation software