

DOI: 10.3969/j.issn.1009-9492.2015.09.014

基于 ETAP 的滤波器设计

周来爱

(青岛港湾职业技术学院, 山东青岛 266404)

摘要: 利用 ETAP 软件设计谐波滤波器的方法, 通过电力系统建模、建立单线图、添加谐波源和仿真分析等, 设计出电网所需的谐波滤波器。仿真结果显示, 利用 ETAP 软件设计的各次滤波器和高通滤波器, 能有效的实现电力线路谐波治理, 合理地将谐波含量限制在国家标准之下, 保证供电质量。

关键词: 谐波分析; ETAP; 无源滤波器

中图分类号: TN713.1

文献标识码: A

文章编号: 1009-9492(2015)09-0051-04

The Filter Design Based on ETAP

ZHOU Luan-ai

(Qingdao Harbor Vocational and Technical College, Qingdao 266404, China)

Abstract: This paper proposes the method of designing harmonic filter by using ETAP software. We design grid harmonic filters through system modeling power, the establishment of the single line diagram, adding harmonic source, simulation analysis. Simulation results show that the use of the various sub-filter and a high pass filter by using ETAP software design, can effectively achieve power line harmonic control, rational harmonic content restrictions under national standards to ensure quality of power supply.

Key words: harmonic analysis; ETAP; passive filter

0 引言

随着工农业发展和人民生活水平的不断提高, 电能质量受到人们的日益重视。而各种谐波源电力设备和其他非线性用电设备的接入, 所产生的高次谐波电流大量注入电网, 使电网电压发生畸变, 电能质量下降, 对电气设备造成极大的损害。供电系统中的谐波问题已引起各界广泛关注, 降低或抑制谐波污染已迫在眉睫^[1]。

目前我国电力系统普遍应用的仿真软件包是 EMTF, ETAP, PSS/E, BPA, PSASP 等。现在应用较为广泛的电力系统仿真软件 ETAP 不但拥有直观的操作界面、较强的分析功能, 还具有开放式数据库链接等功能, 同时还能实现在线模拟、实时监测和管理控制等^[2]。本设计结合某工程的谐波实测结果进行分析, 进行 ETAP 软件的仿真实验, 设计出无源滤波器, 仿真结果验证了该滤波装置的补偿特性和良好性能^[3]。

1 建立 ETAP 模型

1.1 实例

现有某公司有一台电弧炉, 非线性特性严重, 产生大量的谐波电流, 产生的谐波不仅导致其补偿柜着火、设备频繁出现故障, 而且多次造成其他用户的精密设备损坏。公司电网由一台 35 kV 主变压器与主网联系, 如图 1 电网一次接线图。

1.2 建立 ETAP 谐波分析模型

打开 ETAP7.0.0, 建立谐波工程电气主接线图, 如图 1 所示。输入设备数据如下。

(1) 等效电网: 名称为

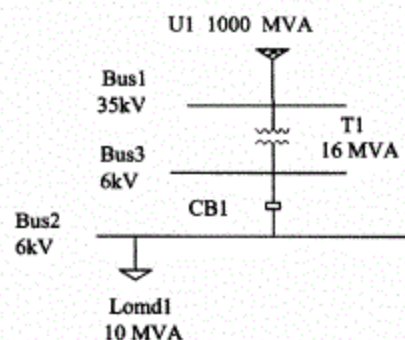


图 1 电气主接线图

U1、额定电压为35 kV,三相短路容量为1 000 MVA, X/R为15,中性点不接地。

(2) 变压器:名称为T1、变比为35/6.3 kV、额定容量为16 MVA、Z%为10、X/R为18.6、Y/Δ连接。

(3) 静态负荷:名称为Load1、额定电压为6 kV、额定容量10MVA、功率因数为85%。

谐波分析实际上是针对每一次谐波的潮流分析,网络阻抗是基于频率的模型,由基波阻抗和谐波次数确定。

2 谐波分析

2.1 添加谐波源

模型建好满足潮流计算,电源的阻抗也添好之后,在系统里添加谐波源。在ETAP工程中可以在八种元件里添加谐波源:等效电网、发电机、变压器、充电器、逆变器、不间断电源、变频器、静态负荷。在本例中,经过现场多次测量和分析得到电弧炉产生的谐波电流。模拟谐波源时谐波电流幅值取各次测量值的平均值,考虑最严重情况下各次谐波电流相位取0,谐波源信息如表1所示。

表1 谐波源信息

谐波次数	谐波含量(%)	谐波次数	谐波含量(%)
5	20.00	29	3.40
7	14.30	31	3.20
11	9.10	35	2.80
13	7.70	37	2.70
17	5.90	41	2.40
19	5.30	43	2.30
23	4.30	47	2.10
25	4.00	49	2.00

ETAP自带的数据库里已经收录了一些常用的谐波源模型,只需要从其中选择一个合适的模型就可以了。选择好之后,在编辑器的谐波页里会有相应的谐波源模型图。表1中描述的谐波源正好符合ETAP谐波源库里的谐波源 Typical-IEEE-6 Pulsel。

2.2 无滤波器分析谐波

进入谐波分析模块,首先在没有滤波器的情况

况下运行谐波分析,查看母线Bus3的谐波电压波形图,见图2所示,从中可以看出母线Bus3电压波形已经发生了明显畸变,谐波含量超标。

查看Line1的谐波电流的谐波电流,如表2所示,这也是设计滤波器的依据。

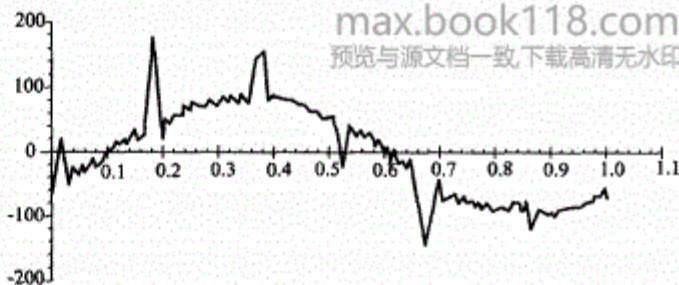


图2 母线Bus3的谐波电压波形图

表2 各次谐波电流

谐波次数	谐波电流(A)	谐波次数	谐波电流(A)
5	202.1	29	34.4
7	144.5	31	32.3
11	91.9	35	28.3
13	77.8	37	27.3
17	59.6	41	24.2
19	53.5	43	23.2
23	42.4	47	21.2
25	40.4	49	20.2

2.3 有滤波器分析谐波

通过以上的分析可知该公司电网需要装滤波设备。无源滤波器对于基波来说呈现容性,兼有无功补偿的作用。无源滤波器的工作原理是:对于某些特定的谐波呈低阻抗,让这些谐波电流大部分通过滤波器,减少流入系统的谐波电流,从而起到保护系统的作用^[9]。为了最大程度地减小谐波电流造成的危害,应该尽量减少谐波电流流经途径,结合网络结构,决定在母线2上装设无源滤波器。

无源滤波器有单调谐滤波器和高通滤波器,他们对不同频率的谐波呈现的阻抗不同,对所有的谐波都有影响,这个影响包括过滤和放大。我们使用无源滤波器的目的是把系统总的谐波含量降下来。

2.3.1 设计单调谐滤波器

上面看到了没有任何滤波措施情况下母线

Bus3电压畸变的情况，这种畸变电压对电力系统危害很大，必须采取滤波措施改善波形。滤波器对谐波呈低阻抗，谐波电流通过它流入大地，为了最大程度的减少谐波对系统的危害，在离谐波源最近的地方装滤波器。在单线图上添加谐波滤波器，挂在母线Bus2上，如图3添加滤波器。

滤波器添加好后，根据需要确定滤波器参数。设计滤波器时要先从低次谐波滤波器开始，最后设计高通谐波滤波器^[5]。根据本例确定以下设计顺序：5次滤波器、7次滤波器、11次滤波器、13次滤波器、高通滤波器。

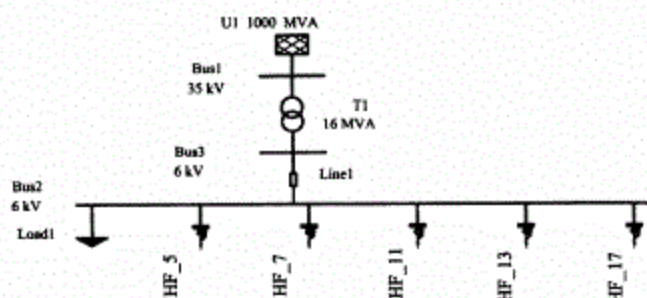


图3 添加滤波器

打开5次滤波器的编辑器参数页，填入基本参数：电容器的额定电压6 kV，电容器的最大电压11 kV，电抗器品质因数40，电抗器最大电流300A，添滤波器基本参数1，选择滤波器类型是单调谐，选定一个类型后，对应的接线图会在下面显示。

点击滤波器容量估计，打开滤波器容量估计对话框，添滤波器基本参数2，根据表1的数据在滤波器容量估计对话框里填入滤波器需要过滤的谐波次数5，谐波电流202.1，现有功率因数85%，负荷容量10.2。(现有功率因数和负荷容量通过潮流计算得到)期望功率因数填入89。期望功率因数的填写要慎重，滤波器对于谐波次数比它低的谐波和基波来说它呈容性，投运会抬高功率因数，所以要为后面的滤波器投运留一定的裕度，不能太高。点击“容量估计”按钮，ETAP会计算出滤波器需要的电容器和电抗器参数。

点击“替换”按钮，ETAP把计算结果填到滤波器编辑器参数页的响应地方。根据软件给的电容器容量数值填写一个与它最接近并且在现实中容易找到的无功容量数值930，电容器容量

82.23 μF ，然后根据谐振条件计算出需要的电抗器参数1.5 Ω 。这样5次滤波器就设计好了，把它投运，再做谐波分析，看看它的投运效果，见图4。从Load1产生的谐波电流有230.4 A通过谐波滤波器流入大地，只有40.9 A流入了系统，大大减小5次谐波对系统的影响，达到滤波效果。

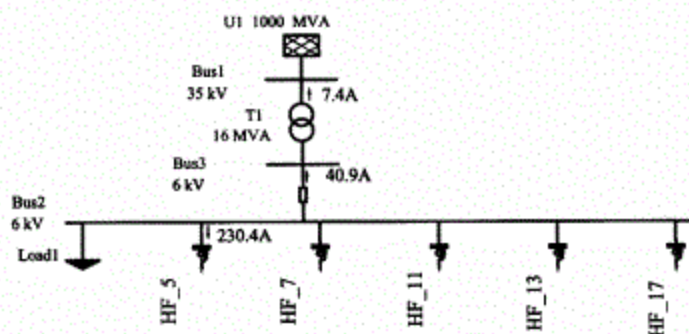


图4 5次滤波器投运效果

根据以上5次滤波器设计的方法，设计7次、11次、13次滤波器。

2.3.2 设计高通滤波器

针对每一次谐波的单次滤波器设计好后，开始设计高通滤波器，在本例中高通滤波器要求从17次谐波开始。把设计好的各次滤波器都投运后，潮流分析得到母线Bus2上的功率因数是92.2%，如果高通滤波器投运后允许功率因数达到97%，有1500 kVAR允许补偿，就以这个数值为滤波器电容器无

功容量，添入响应的地方，软件会自动计算出对应的电容器容量132.6 μF ，滤波器类型选高通带阻尼的，电阻器阻

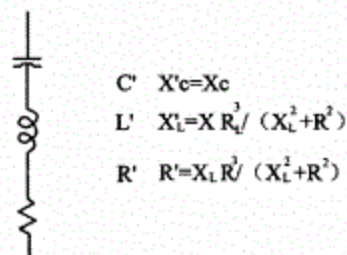


图5 高通滤波器等值电路图

值填1 Ω 。高通带阻尼滤波器的接线图如图6所示，画出其等值电路及各等效元件参数。电阻器R（取 $R=1 \Omega$ ）和电抗器L1（品质因数选40，本身电阻R1忽略）并联后和电容器C1串联。

根据谐振条件计算出需要的电抗器参数为0.07 Ω 。把 $X_{L1}=0.07 \Omega$ 填入高通滤波器参数录入，高通滤波器设计完成，并投运。

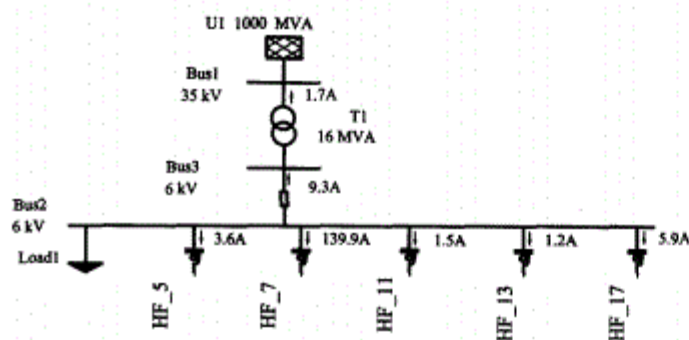


图6 各滤波器的滤波效果

2.3.3 查看滤波器运行结果

在谐波分析案例编辑器的画图页,把各滤波器都选中,运行谐波分析。通过谐波次数滑条在单线图上查看各滤波器的滤波效果。

所有滤波器投运后,运行谐波分析,如图7,查看各滤波器的滤波效果,查看通过Line1的各次谐波电流如表3所示。

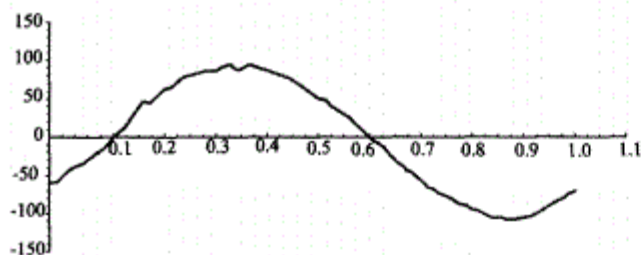


图7 母线 Bus3 的谐波电压波形图 (滤波器投入)

表3 各次谐波电流

谐波次数	谐波电流(A)	谐波次数	谐波电流(A)
5	36.9	29	3.8
7	9.3	31	3.3
11	2.0	35	2.5
13	0.8	37	2.3
17	20.4	41	1.8
19	12.9	43	1.6
23	6.9	47	1.3
25	5.5	49	1.2

查看母线 Bus3 电压的波形图,如图7所示,在这里我们看到了母线 Bus3 电压波形和滤波器投入前已经有了明显改善。

3 频率扫描研究

滤波器设计好了后,要查看一下从这条母线看进去系统在对各次谐波呈现出来的阻抗,即频率扫描。看是否会有高阻抗出现,出现高阻抗的点就是谐振点。从母线 Bus3 看进系统,系统的谐波阻抗幅值与频率的关系曲线,见图8所示。通过曲线可以看出系统对各次谐波没有出现高阻抗现象,即没有发生谐振,所设计的滤波器达到滤波要求。

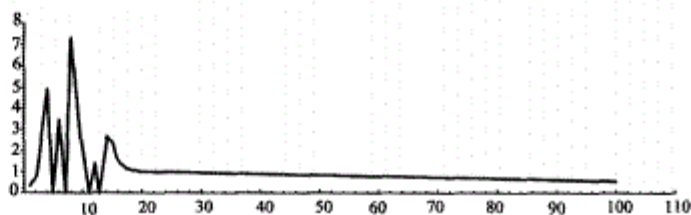


图8 阻抗幅值与频率的关系曲线

查看报告:在报告里可以看到从母线看进去系统对每次谐波呈现出的阻抗的幅值和相角的具体数值。

4 结论

本文利用 ETAP 软件设计谐波滤波器的方法。针对一个受谐波影响的工程项目,ETAP 软件通过电力系统建模,建立单线图,添加谐波源,仿真分析等,设计出该公司需要的谐波滤波器。仿真结果显示,利用 ETAP 软件设计的各次滤波器和高通滤波器,有效的实现了谐波治理,合理地将谐波含量限制在国家标准之下,保证公司电力线路正常运行。

参考文献:

- [1] 任先平,陈亮明.基于快速傅立叶变换的电力谐波分析[J].机电工程技术,2013(7):70-72.
- [2] 冯煜,王雷,陈陈.电力系统仿真软件 ETAP 的特性与功能简介[J].供用电,2005(5):23-26.
- [3] 王婷婷.电力系统谐波抑制装置研究[J].黑龙江科技信息,2012(12):1.
- [4] 林令知.电厂设计中应注意的问题[J].电气应用,2012(3):20-22.
- [5] 刘华仲.多补偿绕组多调谐滤波器的研究[J].陕西电力,2009(4):16-19.

作者简介:周栾爱,女,1973年生,山东胶南人,硕士,讲师。研究领域:电力系统自动化。(编辑:阮毅)