

文章编号:1672-058X(2012)10-0092-04

# 供电电网谐波治理措施的探讨\*

叶永卫<sup>1,2</sup>, 邵阿红<sup>2</sup>, 田二明<sup>3</sup>

(1. 太原理工大学 应用物理系, 山西 太原 030024; 2. 山西水利职业技术学院 信息工程系, 山西 运城 044000;  
3. 中北大学 信息与通讯学院, 山西 太原 030051)

**摘要:**谐波的主要危害表现为:增加损耗、危害绝缘、影响用电设备的正常运行等,因此治理谐波污染极具现实意义;分析了供电电网中谐波的来源及危害,结合谐波治理的基本思路,针对各类谐波源,提出了治理谐波的不同方法及对电网谐波的整体治理方法。

**关键词:**谐波;电网;治理

**中图分类号:**TM711

**文献标志码:**A

生产和生活中为提高电气设备的效率和可靠性,大量使用变频器等非线性设备,同时晶闸管类设备的使用也在迅速增长,又使谐波得以同步的增加及放大;另外,用户为提高功率因数而大量并联电容器组,又以谐振的形式加大了谐波污染。等到非线性负载产生的谐波进入电网后,供配电变压器低压侧出现较高的谐波电压,变压器低压侧的负载会受到谐波干扰,不能正常工作,同时谐波也会通过供配电变压器的高压侧,大面积污染电网中的其他用户,干扰它们的正常工作,对生产和生活均造成不利的影响。因此,对电网谐波的综合治理,是一件很重要的工作,现对供电电网谐波的治理进行深入的探讨。

## 1 电网谐波的来源及危害

### 1.1 来源

电网中的谐波来源有两个:一是电源,即发电机设备及变压器;二是用户,具体地说主要是非线性用电设备。

随着可控硅、IGBT 等电子励磁装置的投入,导致发电机的谐波分量上升。发电机的端电压高于额定电压的 10% 以上时,由于电机的磁饱和,电压的 3 次谐波明显增加。变压器的电源侧电压超过额定电压 10% 以上时,也会使二次侧电压的 3 次谐波明显增加。

产生谐波的非线性用电设备主要有:电弧加热设备(电弧炉、电焊机等);交流整流的直流用电设备(电力机车、电解、电镀等);交流整流再逆变用电设备(变频调速、变频空调等);开关电源设备(中频炉、电子整流器等)。

### 1.2 危害

谐波会造成保护装置与自动化装置误动与拒动,直接威胁电网的安全运行。也会造成供电质量下降,

收稿日期:2012-03-09;修回日期:2012-03-20.

\* 基金项目:山西省青年科技研究基金(2010021015).

作者简介:叶永卫(1977-),男,山西运城人,硕士,讲师,从事电工与电子技术研究.

用电设备发热增加,电网线损增加,配电变压器发热严重,影响变压器寿命。

常见的电网谐波危害有:(1)导致电网谐振,造成过电流或过电压,引发事故。(2)增加变压器的铜损和铁损。(3)电气设备产生热损耗、机械震动、噪音、输出功率损耗;导致过热,加速绝缘老化,缩短设备寿命。(4)仪表和计算机等自动装置运转不正常,影响测量精度,误动作。(5)信号质量降低,信号传递不正常,甚至通信设备被损坏。(6)某些情况下供电电压波动和闪变,甚至三相电压不平衡,危及电网安全经济运行,影响电气设备的正常使用。

## 2 对电网谐波治理的探讨

### 2.1 谐波治理的基本思路

(1)减少非线性用电设备与电源间的电气距离。也就是减少系统阻抗,或者提高供电电压等级。例如某厂原用 35 kV 供电,它的主要用电设备是电弧炉,虽然进行了 5 次、7 次谐波治理,但 110 kV 的 35 kV 母线上的谐波分量仍超国家标准。后来,离厂 4 km 左右新建了一个 220 kV 变电所,用 5 回 35 kV 专线供电,35 kV 母线的谐波分量被控制在国家标准内,此外该厂还使用了较大容量的同步发电机,使这些非线性负荷的电气距离大大下降,使该厂生产的谐波对电网的危害性下降。这种方法投资大,往往需要和电网发展规划相协调。

(2)谐波的隔离。非线性用电设备产生的谐波,经过变压器后,还会影响到上级电网。让非线性用电设备产生的谐波不影响或少影响其他几级电网,即谐波的隔离。这一方法在电网中广泛采用,发电机发出的电能经过 Y/ $\Delta$ 、Y0/ $\Delta$ 、Y0/Y 等接线组别的变压器,把发电机产生的 3 次、9 次等零序分量的谐波与上级电网隔离开来,因此在 110 kV 以上高压电网上,3、9 次谐波分量很小,几乎是零。

(3)安装滤波器。安装滤波器也能减少谐波分量,滤波器分为有源和无源两大类。

有源滤波器的基本工作原理是把电源侧的电流波形与正弦波相比较,差额部分由有源滤波器进行补偿,这是谐波治理的发展方向。目前功率电子元件容量做不大、电压做不高,而且成本很高,在现阶段没大量推广应用。建议今后重视这一技术在谐波治理上的应用。

无源滤波器是通过 L、C 串联或并联,使其在某次谐波产生谐振,当发生串联谐振时,使滤波器两端次谐波的电压很小,几乎接近零。这类滤波器往往接在变压器的二次侧出口处,从而使变压器的一次侧次谐波的分量也很小,达到对次谐波治理的目的。

### 2.2 对电源设备谐波治理的建议

对于发电机设备,要对其三相绕组和铁心的制作工艺精益求精,提高它们的对称性,这样可以减少其谐波。对于配电变压器,要求:(1)增大功率或减少短路阻抗。(2)提升变压器原边电压等级,例如由 10 kV 改为 35 kV。(3)绕组采用 dyn, dd 或 yd。消除零序谐波电压,但增加铜耗,通用型变压器要降容。(4)选  $k$  系数变压器或普通变压器降容使用。(5)分隔法。将谐波源和谐波敏感负荷分开由不同变压器供电。

### 2.3 对电弧加热用电设备治理的建议

采用多相(六相、十二相等)电弧炉变压器,从而使低次谐波分量下降,高次谐波分量上升。目前最常用的是 Y/Y0、 $\Delta$ /Y0 两变压器分别接两台相同容量的电弧炉,使两炉同步作业,通过 LC 串联无源滤波装置进行局部治理,达到用电设备产生的谐波不超标。

### 2.4 对于交流整流直流用电设备治理的建议

交流整流直流用电设备采用多相整,多相整流产生的谐波多为整流相数  $\pm 1$  次,对 12 相整流设备,谐波分量最大是 11 次和 13 次,而对 24 相整流设备,则是 23 次和 25 次。谐波频率越高,L、C 串联滤波器的投资越小,谐波在输电线路中传输衰减越快。对于高频冲击负载(如电焊机、电镀电源、电解电源等)建议用户增

加无功静补装置,提高电网功率因数和质

## 2.5 开关电源设备谐波治理

工业用的典型设备是中频炉,目前广泛采用 Y/Y0、 $\Delta$ /Y0 两台变压器初级并联,带两台相同容量中频炉同步运行,以提高整流时产生谐波的次数,在中频变换中进行 L、C 串联吸收,以减少中频谐波反射到电源侧。

## 2.6 变频器的谐波治理

很多用户往往只安装变频器,不安装配套的谐波治理设备。希望管理部门做好用户工作,让变频器与配套的谐波装置同时设计,一起投运。对变频器的谐波治理建议如下:

(1) 增加电抗器。选择合适的电抗器与变频器配套使用,可以起到如下效果:抑制谐波电流、电动机噪声及浪涌电流;降低变频器谐波,提高功率因数;抑制来浪涌电流对变频器的冲击;保护变频器,让变频器和电机的可靠运行;使电动机在引线较长时能正常工作。

安装电抗器应注意:电抗器安装在距离变频器最近的地方,缩短与变频器的引线距离;不能将电源线扭成绳或辫,尽量与控制线分开走线;安装时将螺丝紧固,以免产生噪音与事故。

(2) 装 EMI 滤波器。滤波器的作用是为了抑制从导线及金属管线上传导无线信号到设备中去,将来自变频器的高次谐波分量与电源系统的阻抗分离,或者抑制干扰信号从干扰源设备通过电源线传导到外边去。加装 EMI 滤波器,可以减少电磁噪声和损耗,防止设备本身产生的干扰进入电源线,也能防止电源线上的干扰进入设备。

(3) 在变频器比较集中的车间,建议采用集中整流,直流共母线供电方式。建议用户采用脉冲整流模式。优点是,谐波小、节能,特别适用于频繁起制动、电动运行与发电运行同时进行的场合。

(4) 变频器输入侧加装有源 PFC 装置,效果最好,但成本较高。

(5) 改善变频器结构,减少变频系统注入电网的谐波、无功等污染。

(6) 提高变频器载波频率,抑制低次谐波。PWM 输出的载波频率对电机的噪声和变频器的干扰都有影响,只要载波频率足够大,较低次谐波可以被有效抑制。

(7) 采用更合适的控制策略来优化或改进,更大幅度地减少谐波的产生;如正弦脉冲宽调制法(SPWM)和特定消谐波(SHE)。

## 3 对电网谐波整体治理的建议

电网谐波主要是奇次谐波,11、13 次及 11、13 次以上的谐波高次谐波在线路传输过程中衰减比较快,同时高次谐波在电网中占的比重也不大<sup>[5]</sup>,故高次谐波不是主要整治对象。在 10 kV 配电系统中,配变多采用 Y/Y0 接线,Y0(400 V)侧由于有非线性用电设备,会产生 3、5、7、9 次谐波。对于电力行业的谐波整体治理提出以下基本方法:

(1) 采用 Y0/ $\Delta$ 、Y0/Y、Y/ $\Delta$  接线组别的变压器,隔离 3、9 次谐波。10 kV 电网由于大多数配变为 Y/Y0 接线,35 kV 也有少量 Y/Y0 接线的直配变,因此 10 kV 和 35 kV 系统中 3、9 次谐波分量比高压电网大。建议,在 10 kV 配电系统中推广使用了 D,yn11 接线组别的配电变压器,减少 3 次谐波和 9 次谐波。对 3 次谐波往往采用并联谐振使 3 次谐波在主变一次侧和二次侧之间进线隔离,其原理如下:当 L、C 并联谐振在 2 次谐波频率时,2 次谐波电流流不过主变二次侧线圈,从而使主变一次侧感应不出 3 次谐波的电压分量,同时使中性线 3 次谐波电流大大下降。

(2) 采用 L、C 串联无源滤波器,对 5、7 次谐波进行治理。

(3) 加强用电设备的治理工作,目前在供电系统中进行谐波治理有一定难度,非线性负荷不是 24 h 平稳运行的,所以谐波是变化的,采用一个或几个固定的无源滤波器的投切,不可能和非线性负荷变动进行同

步,目前有源滤波器又不能大力推广。虽然有时起了治理作用,但是某次谐波在某个条件下会被放大,从这一点来看,必须加强用电设备的治理工作。

(4) 滤波器配备可调电感,由于计算精度和电容器、电感器的制造精度等原因,按计算结果数据来配备,在标准化审查时通不过。为保证串联滤波器能在 5、7 次谐波频率时谐振,认为电感应有一定的调节范围,确保滤波器能正常工作。具体调试方法为,调节电感,被测谐波在谐波分析仪中谐波值最小时,滤波器调试成功。

## 4 结 语

综上所述,对与电网谐波整体治理的设计方面,还要请有丰富经验的设计单位设计,比如与电力试验研究所合作,在他们的指导下,各供电企业可以从小到大做一些谐波治理工作,解决一些 5、7 次谐波污染问题,这对各供电企业的自身提高是有帮助的。

### 参考文献:

- [1] 苏斌. 开展谐波治理的具体方法[J]. 农村电工, 2008, 15(5): 19-20
- [2] 刘长林, 满俊来. 配电网的谐波治理[J]. 中国电力企业管理, 2007, 15(8): 60-61
- [3] 陈振华, 叶慧萍. 治理谐波源的技术手段和管理措施探讨[J]. 电力需求侧管理, 2006, 8(1): 54-55
- [4] 翁利民, 张莉, 刘琨文, 等. 低压配电网的谐波与治理[J]. 电气时代, 2006, 13(1): 98-99
- [5] 邹宇, 张占龙, 王官洁. ASVG 的建模及其特征谐波分析[J]. 重庆工商大学学报: 自然科学版, 2000, 13(2): 26-31

## Discussion on Harmonic Management Measures for Electric Power Supply Grid

**YE Yong-wei<sup>1,2</sup>, SHAO A-hong<sup>2</sup>, TIAN Er-ming<sup>3</sup>**

(1. Department of Applied Physics, Taiyuan University of Technology, Shanxi Taiyuan 030024, China;

2. Department of Information Engineering, Shanxi Water Conservancy Polytechnic College,  
Shanxi Yuncheng 044000, China;

3. School of Information and Communication, North University, Shanxi Taiyuan 030051, China)

**Abstract:** The main harm of harmonic includes loss increase, insulation damage, and the influence on normal operation of electric equipment and so on, as a result, harmonic pollution governance is of real significance. This paper analyzed the source and harm of harmonic in electric power grid and proposed the different methods for harmonic governance and overall governance method for electric power grid harmonic based on the basic idea for harmonic governance and all kinds of harmonic sources.

**Key words:** harmonic; grid; governance

责任编辑:田 静