

电力谐波对电能计量影响的分析与探讨

黄玉春

(漯河供电公司电力设计院, 河南 漯河 462000)

摘要: 在电力系统中, 由于非线性用户向电网注入大量的谐波, 谐波不仅影响电能质量, 同时造成电力部门电能计量表计漏计, 本文试从电能的计算原理和电能表的计费原理上探讨谐波造成计量漏计的原因, 建议对非线性负载用户的谐波进行综合治理, 并采用高精度的电子式电能计费表计, 用户和供电部门都能获得很好的经济效益。

关键词: 电能质量; 电力谐波; 电能计量; 感应式电能表; 电子式电能表

Analysis and discussion of power harmonics influencing the electric energy computation

HUANG Yu-chun

(Electric Power Design Institute of LUOHE Electric Power Supply Company, Luohe 462000, China)

Abstract: In electric power system, a mass of harmonics are poured into the power grid from the nonlinear user, which not only affects the quality of electric energy, but also can cause the electric energy gauge omission in the electric power department. This paper tries to discuss the reason that caused gauge omission by harmonics, and carries out the comprehensive management to the harmonics of the nonlinear user, and moreover adopts the high-precision electronic watt-hour meter. Both users and electric power supply bureau can gain the remarkable economic profits.

Key words: power quality; power harmonics; electric energy gauge; induction electric meter; electronic meter

中图分类号: TM714 文献标识码: B 文章编号: 1674-3415(2009)10-0123-02

1 电能质量与电力谐波

电能的质量标准有三个参数: 电压、频率和波形。国家对电力供应中的电压、频率和波形的质量标准, 在有关法规中已有明确规定: 用户受电端电压变动幅度: 35 kV 及以上电压允许偏差±5%; 10 kV 及低压用户允许偏差±7%; 220 V 照明用户电压允许偏差+5%、-10%。频率允许偏差±0.2 Hz。用户总电压正弦波形畸变极限 0.38 kV 5%, 6~10 kV 4%, 35~63 kV 3%, 110 kV 1.5%。

然而“波形”在电网中往往受用户非线性负载的影响, 例如: 大功率可控硅整流设备, 当加入正弦波电流电压, 由于它的单向导电性, 电流呈非线性变化, 使电流波形发生了严重畸变。通过傅里叶级数展开, 畸变波形由直流分量、50 Hz 基频分量和 K 倍于 50 Hz 的其它分量相互叠加而成。在电工学中, K (K 为正整数) 倍于基频的分量, 称为谐波, 又因频率比 50 Hz 高, 所以也称高次谐波。

用式表示

$$i = I_0 + I_1 \sin(\omega t + \varphi_1) + I_2 \sin(2\omega t + \varphi_2) + I_3 \sin(3\omega t + \varphi_3) + \dots + I_n \sin(n\omega t + \varphi_n) \quad (1)$$

用通式表示 $i = I_0 + \sum_{k=1}^n \sin(k\omega t + \varphi_k)$ (2)

k 表示 1, 2, 3, ..., n 谐波次数。

从式 (1)、(2) 中可见非线性负载的电流是由直流分量, 基频分量和基频整数倍的一系列谐波分量组成。

由于谐波频率各不相同, 在电网中所遇到的阻抗也不同, 因此产生的一系列幅值, 相位各不相同谐波压降。谐波压降相互叠加在基频 50 Hz 的波形上, 使正弦电压波发生了畸变。电力系统中谐波的产生, 是由用户非线性负载向电网注入谐波电流而造成的。

为了使电能的正弦波形达到质量标准, 必须对产生谐波的用户进行限制和治理。

2 谐波对电能计量影响的分析

2.1 非线性负载所消耗的总有功功率分析

正弦交流电的有功功率 $p=IU\cos\varphi$ 。当负载为非线性元件时,其负载所消耗的电功率不仅仅是正弦有功功率(基频功率)同时还含有一系列的谐波功率。从电工学中可以得到证明,谐波功率可以用傅里叶级数展开,如下式:

$$P=E_{CD}I_{CD}+U_1I_1\cos\varphi_1+\sum_{k\geq 1}^n U_kI_k\cos\varphi_k \quad (3)$$

式(3)右边第一项: $E_{CD}I_{CD}$ 是直流功率分量,第二项: $U_1I_1\cos\varphi_1$ 是正弦基频功率分量,第三项是 K 倍于 50 Hz 基频一系列的谐波功率分量。这三部分功率叠加,就是非线性元件实际所消耗的总有功功率。

2.2 感应型电度表计量分析

感应型电度表的基本原理是由电流和电压、电磁线圈产生正弦交变磁场在可转动的铝盘上分别感应出两个不同相位,不同空间的涡流。涡流与磁场相互作用,推动铝盘转动,带动计数器走度。感应型电度表在结构上、元件布置上都是按 50 Hz 正弦波设计制造的,并且是严格按正弦 50 Hz 工频标准进行校验。因此感应型电度表不会计量直流分量的功率。不仅不计量,更严重的是直流流过电磁线圈使铁芯饱和,工作磁场发生畸变使铝盘的转动转矩受到一定制动;高次谐波电流涌入感应型电度表时,由于频率很高,在铁芯中产生的高频磁通,严重干扰了基频工作磁通,综合结果最终使感应型电度表产生不能容忍的计量误差,同时,高次谐波在电网中引起额外线损,无疑这些因素对供电企业造成的经济损失是不可忽视的。

2.3 电子式电能表计量误差分析

目前普遍应用电子式电能表,通过查阅相关资料,电子式电能表生产厂家严格按 GB/T17215-2002《1级和2级静止式交流有功电能表》的技术标准生产校验的。根据电子表工作原理得知,表内核心元件是进口专用电能计量芯片。通过电流在互感器和电阻分压网络,分别对 A、B、C 三相输入的电流、电压采样。将得到的电压信号送入电能芯片,经过差分放大、A/D 转换。电流信号经过高通滤波,滤除高次谐波成份。电压信号经过相位校正,分别除去信号中的直流成份。纯正的 50 Hz 正弦电压和电流信号送入乘法器进行计算,完成了被测计量电能的功率测量和计算。

从工作原理中得知,电子式有功电能表在设计

上不考虑计量直流和高次谐波功率。因此用电子式电度表计量非线性负载的有功功率,同样也漏计了直流和谐波所消耗的有功功率。这对供电企业来说是不能接受的也是不公平的。

2.4 多功能电子表计量误差的分析

近几年来电能表生产厂家根据市场信息,已成功研制出电子式多功能电子表。如正泰仪器、仪表有限责任公司生产的 DSSD666-H 系列多功能电子电能表。

其原理:表计采用高精度电量计量数据运算处理的专用集成电路 AsiC 系统和用于功能管理各种数据显示的单片机 MCU 系统。两个系统共同完成消耗电能数据块的分时计费,事件记录、脉冲输出、需量测量、电源管理等强大计量和管理功能,同时读取 A、B、C 分相正反向有功、无功、谐波功率等数据进行累加,求和。其值真实反映了通过电度表的电压、电流所对应波形的能量。它代表电网向负载提供的总有功功率。

从原理上可知,非线性负载用电户采用这类电能表,能够准确计量负载实际消耗的全部电功率。这无论是对用户还是对供电企业都是合理的公正的。

3 非线性负载用户的调查

通过对几户膨胀珍珠砂厂微电脑可控硅恒温炉生产厂家进行现场调查。这类用户,现有 30~40 户,他们的配电方案和布局基本相似:高压计量、柱上真空开关、跌落式熔断器进配电变压器。配变容量在 400~800 kVA 不等。配变紧靠厂房,铝母排或分相绝缘导线进低压总柜。六路低压出线分别进六面微电脑可控硅直流屏,分别向竖式电炉供电,配电紧凑。当天,该厂正在生产。配电总柜显示交流电流 500 A,电压 400 V。直流屏上有温控显示和输出电流、电压显示。电流在 100~130 A 左右,电压在 130~150 V 之间。该厂日产闭孔珍珠砂约 11 吨,计量采用普通型电子、电能表,月用电量 20 万 kWh,功率因数 0.8~0.76。

这些用电户,过去采用烧煤膨胀技术,产品质量差,环境污染大,近几年采用微电脑恒温控制膨胀新技术,产品质量不但得到了保障还大大提高产量,环境污染也大大得到改善。因此,这项新技术正在逐步取代传统烧煤膨胀技术。

为了使这类用户安全用电合理计量,我们认为应对这类典型谐波源用户予以高度重视,认真宣传贯彻落实 SD126-84 电力系统谐波管理暂行规定的

(下转第 135 页 continued on page 135)

- LIU Wei, WANG Jin-hong. Design of the Automatic Multifunctional Checking System of Transformer[J]. Shanxi Machinery, 2003, (1): 41-43.
- [11] 刘江锋. 基于 DSP 的互感器校验仪设计及实现(硕士学位论文)[D]. 武汉: 武汉理工大学, 2004.
- LIU Jiang-feng. Design and Implementation of Transformer Calibrator based on DSP, Thesis[D]. Wuhan: Wuhan University of Technology, 2004.
- [12] 周新征. 基于 DSP 互感器校验仪软硬件设计(硕士学位论文)[D]. 武汉: 武汉理工大学, 2004.
- ZHOU Xin-zheng. The Design of Transformer Calibrator Based on DSP, Thesis[D]. Wuhan: Wuhan University of Technology, 2004.
- [13] Blake J. Fiber Optic Current Sensor Calibration[A]. In: Transmission and Distribution Conference and Exposition, 2001 IEEE/PES[C]. 2001.127-130.
- [14] 申焯, 梅志刚, 赵伟, 等. 一种新型电流互感器校验仪[J]. 清华大学学报(自然科学版), 2003, 43(3): 314-317.
- SHEN Zhu, MEI Zhi-gang, ZHAO Wei, et al. Calibrator for Electronic Current Transformer[J]. J of Tsinghua Univ(Sci&Tech), 2003, 43(3): 314-317.
- [15] 徐雁, 陈金玲, 肖霞, 等. 光电电压互感器校验方法的研究[J]. 高电压技术, 2003, 29(2): 15-16.
- XU Yan, CHEN Jin-ling, XIAO Xia, et al. Study on Method of Accuracy Measurement Used for Optical-electric Transformer[J]. High Voltage Engineering, 2003, 29(2): 15-16.
- [16] 钱政, 李童杰, 张翔. 电子式互感器校验方法的设计与实现[J]. 北京航空航天大学学报, 2006, 32(11): 1316-1319.
- QIAN Zheng, LI Tong-jie, ZHANG Xiang. Design and Realization of Calibration Method of Electronic Transformer[J]. Journal of Beijing University of Aeronautics and Astronautics, 2006, 32(11): 1316-1319.
- [17] Lapuh R, Svetik Z. Current Transformer Calibration Using Synchronous Sampling[A]. In: Conference Digest on Precision Electromagnetic Measurements[C]. 2002.548-549.
- [18] 梅志刚, 罗承沐, 等. 一种虚拟互感器校验仪的设计[J]. 变压器, 2006, 43(10): 25-28.
- MEI Zhi-gang, LUO Cheng-mu, et al. Design of Virtual Calibrator for Instrument Transformer[J]. Transformer, 2006, 43(10): 25-28.
- [19] 杨子强, 任锋, 艾欣. 基于虚拟仪器技术的电流互感器校验仪[J]. 电测与仪表, 2002, 39(444): 33-35.
- YANG Zi-qiang, REN Feng, AI Xin. Current Transformer Calibrator Based on Virtual Instrument Technology[J]. Electrical Measurement & Instrumentation, 2002, 39(444): 33-35.
- [20] 赵修民, 赵屹涛. 测量用互感器及其测试仪器的发展和创制[J]. 中国工程科学, 2000, 2(3): 73-76.
- ZHAO Xiu-min, ZHAO Yi-tao. Development and Creations of Measuring Instrument Transformers and Their Testing Equipment[J]. Engineering Science, 2000, 2(3): 73-76.

收稿日期: 2008-06-27; 修回日期: 2008-10-06

作者简介:

宁伟红(1985-), 女, 硕士研究生, 研究方向为电力系统分析与控制; E-mail: ningweihong1985@163.com

杨以涵(1926-), 男, 教授, 博士生导师, 主要研究方向为电力系统运行分析与控制、人工智能在电力系统中的应用等;

李静(1981-), 女, 硕士研究生, 研究方向为电力系统分析与控制。

(上接第 124 页 continued from page 124)

第八条、第九条、第十条、第十一条、第十二条等规定, 完善计量装置, 协助用户限制和治理谐波。

谐波治理后, 无论对供电部门或用户都将大大提高社会效益和经济效益。

参考文献

- [1] GB/T12325-2003, 电能质量 供电电压允许偏差[S].
- [2] GB15707-1995, 电能质量 电压波动和闪变[S].

[3] GB/T14549-1993, 电能质量 公用电网谐波[S].

[4] GB/T15543-1995, 电能质量 三相电压允许不平衡度[S].

[5] GB156-2003, 标准电压[S].

收稿日期: 2008-12-09; 修回日期: 2008-12-30

作者简介:

黄玉春(1971-), 女, 高级工程师, 研究方向为电力系统继电保护. E-mail: Hnhuangyuchun@163.com