

电能质量评估方法分析

赵 亮^{1,2}, 梁 东³, 张建军³

(1. 华北电力大学, 北京 102206; 2. 石家庄供电公司, 石家庄 050000; 3. 唐山供电公司, 唐山 063000)

摘要:笔者基于目前混乱的电能质量评估现状,通过模拟实测数据分析了电能质量测试数据的不同评估方法及其对应评估结果的差异,给出了各种评估方法的应用领域及其使用条件,通过分析比较提出了 x% 概率大值与最大值相结合的电能质量评估方法。

关键词:电能质量; 评估; 方法

中图分类号: TM933.4 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-1609(2012)07-0027-04

Analysis of Power Quality Assessment Methods

ZHAO Liang^{1,2}, LIANG Dong³, ZHANG Jian-jun³

(1. North China Electric Power University, Beijing 102206, China; 2. Shijiazhuang Power Supply Company, Shijiazhuang 050000, China; 3. Tangshan Power Supply, Tangshan 063000, China)

Abstract: Based on the confusion conditions of power quality assessment status, this paper analyzes the different PQ assessment methods corresponding related results by modeling a set of power quality field measurement data, and unveils the limitations of conventional methods (e.g. RMS aggregation method, mere x% probability percentile method), all above this, from comparison technical approach, the paper provides that x% probability percentile value plus max value is the technical and economical method of power quality assessment.

Key words: power quality; evaluation; method

0 引言

随着智能电网概念的逐步清晰及其试点工程的实施,特别是清洁能源战略的推进,电能质量问题已经是电力系统、工业用户、监管领域共同关注的议题^[1-3]。当前,电能质量产业实践逐步深入,电能质量技术研究领域不断发展,伴随而来的共识是:电能质量议题是电力系统可靠性内容的延伸,普遍认为,电能质量指标是电力系统总体运行的外部表征,是电力系统安全性、稳定性、可靠性、经济型运行的综合反映^[4]。

电能质量议题不仅是一个技术问题,更重要的是一个经济问题。实际上,从市场角度来说,电能质量的目标值是一个相对的概念,它取决于用户所希望付出的用电价格。一方面,电力部门有义务提高供电电能质量水平;另一方面,用户希望获取高质量的电力以适应自己生产工艺的要求,但如果它又

不愿意提供额外的费用负担显然是不合理的^[5]。可见,电能质量环境要考虑用户的抗扰度水平及电价因素,常规的电力供应能够使大多数用户在正常的电力供应及电价政策下正常生产,部分对电能质量要求较高的用户依据电能质量与电力价格的关系对电力供应部门提出要求,这样电力供应部门也有动力增加额外投资来提高电能质量,从而形成一种良性循环。

可见,电能质量环境的评价在电能质量议题中是一个首当其冲的关键问题。不可否认,采用不同的电能质量评估方法将会得到不同的技术经济评估结果,进而影响到决策及其电能质量治理的最终效果。在此背景下,电能质量评估方法不可避免地成为电能质量领域关注的焦点之一。

1 电能质量指标评估的现状

1.1 评估的基本步骤及方法

目前,电能质量指标评估采取图 1 所示技术路

线进行。例如 EN 50160:2007^[6]、IEC 61000-3-6:2007^[7]、IEC 61000-4-7:2002^[8]、IEC 61000-4-30:2003^[9]均提出了与上述框图类似的评估方法。下面以谐波、三相不平衡度等为例加以说明。

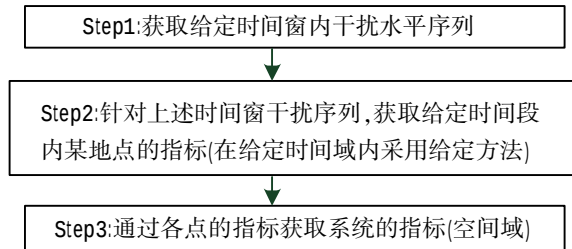


图 1 电能质量指标评估的普遍方法

Fig. 1 General steps of power quality indice assessment

Step1 规定: ①采样窗 10 周波(50 Hz 系统); ②采用 RMS 方法获取非常短 3 s (very short time) 指标(对于 50 Hz 系统, 时间段基本为 150 周波); ③采用 RMS 方法获取短时间 10 min (short time) 指标。

Step2 规定: 应用上述短时间或非常短时间指标来评估一天或一周的干扰水平, 评估方法为 $x\%$ 概率大值法, 这里 x 为 95 (或其他定义数据)。

1.2 电力系统运行方式

区别于中国电能质量标准, 其他国家、地区、组织电能质量相关标准一般规定在电力系统正常运行方式下对电能质量环境进行评估。中国电能质量国家标准均要求在电力系统正常运行的最小方式下实现电能质量环境的评估^[10-14]。

2 电能质量评估方法分析

2.1 RMS 数据获取方法分析

文中选取一天时间进行仿真分析, 其中: 一天 3 s 数据记录样本为 28 800 个; 样本在一天内符合均值为 4% (也可以是其他值) 的正态分布, 见图 2; 数据波动水平为标准差 0.2, 见图 3。

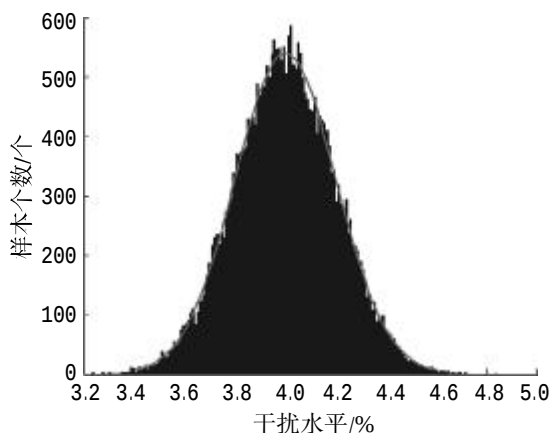


图 2 数据样本正态分布示意

Fig. 2 Normal distribution illustration of data samples

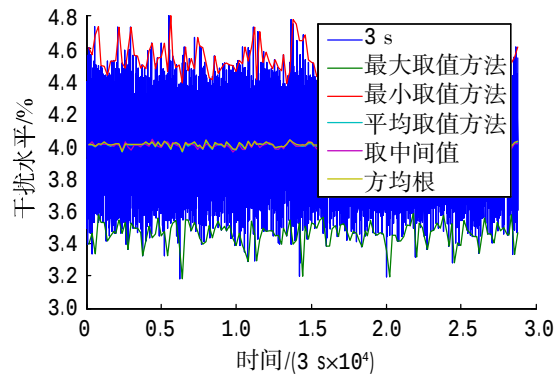


图 3 干扰示意及其不同数据获取方法结果示意

Fig. 3 Illustration of disturbance and results of different aggregation methods

图 3 中不仅显示了 RMS 数据获取方法结果曲线, 同时列出了 Max (最大值方法) (文[15-16]均提出该方法)、Min (最小值方法)、Mean (平均值方法)、Median (中值) 等几种方法结果。对比可见 RMS 取值方法结果与 Mean (平均值方法)、Median (中值) 非常接近。

同样, 如果采用 95% 概率大值方法对一天内通过 RMS、Max、Min、Mean、Median 方法形成的记录序列进行统计分析, 并用该方法对未经过处理的 3 s 原始记录进行分析, 其结果示意见图 4。分析图 4 可见: 采取 RMS 方法得到的结果只相当于 50% 3 s 记录大值。也就是说, 如果采用 RMS 数据获取方法, 将会有几乎 50% 的时间电能质量指标超标。

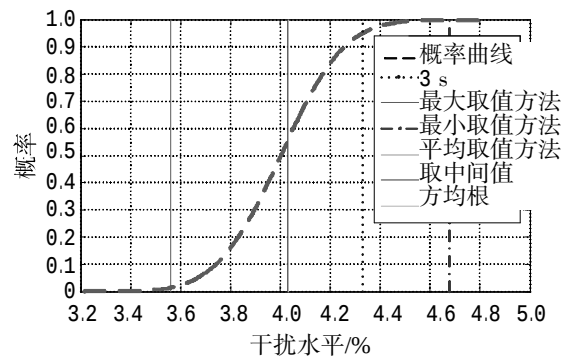


图 4 不同方法获取的 95% 概率大值水平比较

Fig. 4 Comparison of 95% probability values for different aggregation methods

2.2 RMS 方法的局限性

RMS 方法即常用的有效值计算方法。该方法的核心在于对于给定的干扰能量, 不管其时间分配序列多长, 其最终发热量恒定。

如图 5 所示, 对于 60 min 内存在的一个持续 1 s、有效值为 10 A 的干扰, 在电阻为 1Ω 的设备上引起发热为 100; 如果将 1 min 分为 60 个秒序列, 除该序列外其他序列干扰为 0, 则采用 RMS 数据获取方法后, 其等效 1 min 的持续干扰为 1.291 A。虽

然两种方法的等效热效应相同,即均为 100,但两个结果给出的信息则完全不同。

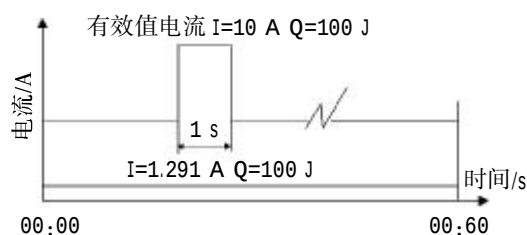


图 5 RMS 局限性分析示意图

Fig. 5 Illustration of limitation for RMS method

也就是说,RMS 方法是一个“均热”方法,在评价干扰的平均能效方面其结果与原始干扰是等效的,但是在评价干扰的其他危害性方面则需要重新考虑。

2.3 x%概率大值法分析

必须指出,x%概率大值法是 IEC 电磁兼容标准体系提出的重要概念,见图 6,文[17]也提出了该概念。其目的在于对于给定的系统,在空间、时间上实现设备干扰发射限值与设备抗扰度限值的终极控制。因此,x%概率大值法蕴含的特定含义包括:

1)仅应用于对一个系统的电磁水平进行评估。在一个系统范畴,时间上、空间上存在系统干扰水平与设备抗扰度水平的小范围重叠,因而采用概率大值的方法从技术经济角度实现相对兼容的环境,并允许(1-x)%的空间与时间上的非兼容。但是,该方法并不推荐应用于对一个点进行电能质量或电磁兼容评估(文[18]明确指出:evaluation with respect to compatibility levels should be made on a system-wide basis and no assessment method is provided for evaluation at a specific location.),因为,就一个点而言,其干扰水平与该点设备的抗扰度水平一般不存在交错。

2)其目的在于实现两个限值的控制,即实现设备发射限值与设备抗扰度限值的严格控制。

3)系统范围内(1-x)%空间与时间上的非兼容并不影响上述两个限值的控制。

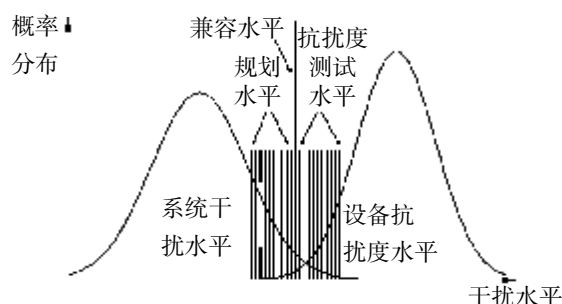


图 6 电磁兼容概念中 x%概率大值法的解释示意

Fig. 6 Illustration for x%probability percentile values in EMC concept

3 合理的电能质量评估方法分析

实际上,就电能质量而言,对于一个待评点的电能质量指标进行评估,在评价干扰的长期热效应的同时,还应考虑干扰的局部短时特征。可采用 x%概率大值与最大值的结合方法有效评估一个点的电能质量指标。

例如一周 95%概率大值不得超过限值,最大值不得超过限值的 1.5~2 倍等,均是可采取的有效方法。

再如澳大利亚国家标准^[19]规定的稳态电压限值采用 1%、99%、50%几种概率大值相结合的方法等等均是参考的方法,见图 7。

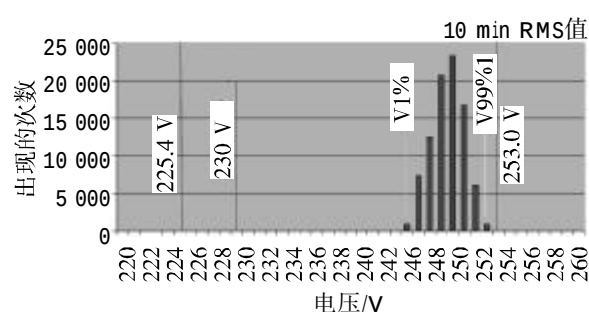


图 7 澳大利亚电能质量评估方法示意

Fig. 7 Illustration for power quality evaluation method in Australia

4 结语

电能质量评估方法是电能质量监测、控制的基础。合理的电能质量评估方法不仅要考虑电能质量干扰的长期热效应,还应该考虑电能质量干扰的局部特征。x%概率大值与最大值相结合的方法可用来对一个点的电能质量综合指标进行评估。

参考文献:

- [1] 刘军成.电能质量及其监测评估标准综述[J]. 中国标准化,2011(12):33-37.
LIU Jun-cheng. Standards summarizing for power quality monitoring and its evaluation[J]. China Standardization, 2011(12):33-37.
- [2] 张霖,关根志,兰国良,等.基于 CORBA 架构和 LabVIEW 的分布式电能质量在线监测系统[J]. 高压电器,2007,43(3):220-221.
ZHANG Lin, GUAN Gen-zhi, LAN Guo-liang, et al. Distributed on-line monitoring system of power quality based on CORBA and LabVIEW [J]. High Voltage Apparatus, 2007, 43(3):220-221.
- [3] 肖红霞,范瑞祥,彭汐单.浙赣电铁电能质量监测数据分析及其典型治理方案研究[J]. 高压电器,2010,46(4):43-46.

- XIAO Hong-xia, FAN Rui-xiang, PENG Xi-dan. Analysis of power quality monitoring data and research of typical comprehensive treatment program for Zhe-Gan electrified railway[J]. High Voltage Apparatus, 2010, 46(4): 43-46.
- [4] 刘军成. 电能质量分析方法[M]. 北京: 中国电力出版社, 2011.
- LIU Jun-cheng. Power quality analyzing method [M]. Beijing: China Electric Power Press, 2011.
- [5] 焦莉, 刘军成. 电力市场与电能质量监测评估策略[J]. 西北电力, 2004(1): 9-11.
- JIAO Li, LIU Jun-cheng. Power quality monitoring and its evaluation under power market [J]. Northwest China Electric Power, 2004(1): 9-11.
- [6] EN 50160:2007. Voltage characteristics of electricity supplied by public distribution networks[S].
- [7] IEC 61000-3-6—2007. Electromagnetic compatibility (EMC)—Part 3: Limits—Section 6: Assessment of emission limits for distorting loads in MV and HV power systems—Basic EMC publication[S].
- [8] IEC 61000-4-7:2002. Electromagnetic compatibility (EMC)—Part 4-37: Testing and measurement techniques—General guide on harmonics and interharmonics measurements and instrumentation, for power supply systems and equipment connected thereto[S].
- [9] IEC 61000-4-30:2003. Electromagnetic compatibility (EMC)—Part 4-30: Testing and measurement techniques—Power quality measurement methods[S].
- [10] GB/T 12325—2008. 电能质量 供电电压允许偏差[S].
- GB/T 12325—2008. Power quality—Admissible deviation of supply voltage[S].
- [11] GB/T 15945—2008. 电能质量 电力系统频率允许偏差[S].
- GB/T 15945—2008. Power quality—Permissible deviation of frequency for power system[S].
- [12] GB/T 15543—2008. 电能质量 三相电压允许不平衡度[S].
- GB/T 15543—2008. Power quality—Admissible three-phase voltage unbalance factor[S].
- [13] GB/T 14549—1993. 电能质量 公用电网谐波[S].
- GB/T 14549—1993. Power quality—Harmonics in public supply network[S].
- [14] GB/T 24337—2009. 电能质量 公用电网间谐波[S].
- GB/T 24337—2009. Power quality—Sub-harmonics in public supply network[S].
- [15] GB/T 12326—2008. 电能质量 电压波动和闪变[S].
- GB/T 12326—2008. Power quality—Voltage fluctuation and flicker[S].
- [16] GB/T 19862—2005. 电能质量监测设备通用要求[S].
- GB/T 19862—2005. General requirements for monitoring equipments of power quality[S].
- [17] IEEE Std 519—1992. IEEE recommended practices and requirements for harmonic control in electrical power system[S].
- [18] IEC 61000-3-6:2008. Assessment of emission limits for the connection of distorting installations to MV, HV and EHV power systems[S].
- [19] AS 61000.3.100—2011. Steady state voltage limits in public electricity systems[S].

赵亮(1970—), 男, 高级工程师, 主要从事电力系统变电运行及检修技术研究及管理工作。

梁东(1969—), 男, 高级工程师, 主要从事电力系统变电检修管理工作。

张建军(1971—), 男, 高级工程师, 主要从事电力系统变电检修管理工作。

(上接第 26 页)

- LU Jian-ting, YANG Tao, SHEN Meng, et al. Discussion on recovery protection for HVDC thyristor valve in the non-periodic firing tests [J]. High Voltage Apparatus, 2011, 47(11): 102-105.
- [6] 赵畹君. 高压直流输电工程技术[M]. 北京: 中国电力出版社, 2004.
- ZHAO Wan-jun. HVDC transmission engineering [M]. Beijing: China Power Press, 2004.
- [7] 李景禄. 高电压技术[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2008.
- LI Jing-lu. High voltage technology [M]. Beijing: China Water Conservancy and Hydropower Press, 2008.
- [8] 李诚. 变压器故障的色谱分析与判断[J]. 电力安全技术, 2002, 4(9): 13-14.
- LI Cheng. The chromatographic analysis of transformer faults with judgment[J]. Power Security Technology, 2002, (9): 13-14.
- [9] DUVAL M, DEPABLO A. Interpretation of gas-in-oil analysis using new IEC publication 60599 and IEC TC 10 database [J]. IEEE Electrical Insulation magazine, 2001, 17(2): 31-41.
- [10] DL/T 722—2000. 变压器油中溶解气体分析和判断导则[S].
- DL/T 722—2000. Gases dissolved in transformer oil analysis and judgment[S].
- [11] Siemens. Tian—Guang HVDC transmission project: Thyristor valves maintenance manual EB4.1 1 1. TZ-a[Z]. Germany: Siemens, 1999.
- [12] Siemens. Gui—Guang ±500 kV DC Transmission project: Valve cooling system maintenance manual EB4.120. AZ_RI[Z]. Germany: Siemens, 2004.
- [13] Siemens. Gui—Guang n Line 500 kV DC transmission project: Valve cooling system maintenance manual EB4.121.XS—0[Z]. Germany: Siemens, 2007.

张俊伟(1987—), 女, 硕士, 研究方向为检测技术与自动化装置。