

关于电能质量国标中电压变动限值的探讨

朱明星¹, 董瑞安², 钱辰辰¹, 裴延涛¹

(1. 安徽大学 电气工程与自动化学院, 安徽 合肥 230601; 2. 上海电力通信有限公司, 上海 200025)

摘 要: 电压波动和闪变是电能质量的重要指标, 其对应国标曾先后两次被修订, 但其中关于电压变动限值的规定仍存在歧义和不足。文章主要依据 GB 12326-2008《电能质量 电压波动和闪变》对电压变动限值规定展开讨论, 得出了两种不同的电压变动评估方法, 通过电弧炉的实际测试数据研究了两种评估方法的差异, 得出了科学合理的电压变动限值和评估方法。

关键词: 电能质量; 电压变动限值; 评估; 电弧炉

中图分类号: TM714

文献标识码: A

文章编号: 2095-3631(2013)06-0025-04

Discussion about Voltage Fluctuation Limit in the National Power Quality Standard

ZHU Ming-xing¹, DONG Rui-an², QIAN Chen-chen¹, PEI Yan-tao¹

(1. College of Electrical Engineering and Automation, Anhui University, Hefei, Anhui 230601, China;

2. Shanghai Electric Power Communication Co., Ltd., Shanghai 200025, China)

Abstract: Voltage fluctuation and flicker are the important factors of power quality. The relative national standard has been modified twice, but the provision of voltage fluctuation limit still exist ambiguities and shortcomings. It discussed the provision of voltage fluctuation limit based on GB 12326-2008 *Power quality-Voltage fluctuation and flicker*, and gave two different evaluation methods of voltage fluctuation. The difference between the two methods was studied through the actual test data of electric arc furnace, and scientific and reasonable voltage fluctuation limits and evaluation method were put forward.

Key words: power quality; voltage fluctuation limit; evaluation; arc furnace

0 引言

随着国民经济的发展, 电弧炉、轧机、点焊机、电力机车等大功率冲击性负荷被大量接入电网, 对电网电能质量产生了严重影响。随着电能质量治理装置的不断出现和更新^[1-4], 针对各项电能质量指标的相关标准已有发布, 电网电能质量的评估问题已被提上日程。

国家标准主管部门于1990年颁布了国家标准

GB 12326-90《电能质量 电压允许波动和闪变》用以评估电压波动和闪变指标。但随着应用技术的发展, 该标准在实践过程中暴露出一些弊端, 因此1999年国家对该标准进行了相应的修订, 并发布了新的国家标准 GB 12326-2000《电能质量 电压波动和闪变》。2000版国标首次将系统电压按高压、中压和低压进行划分并分别规定了相应的限值, 且在2007年再次对该标准进行了修订, 调整了电压波动限值的判据: 原限值只适用于变动频度较低或规则的周期性电压波动; 对于随机、不规则的电压波动, 以电压最大值作为判据, 并对原限值进行了调整^[5]。

收稿日期: 2013-08-19

作者简介: 朱明星(1968-), 男, 副教授, 硕士研究生导师, 长期从事用户配电网电能质量分析与控制方面的科研与工程应用研究。

GB 12326-2008《电能质量 电压波动和闪变》是目前正在实施的国家标准,但在应用过程中发现标准中对电压变动限值的规定仍不明确,使得该标准的执行思路不十分明确,严重影响了电网电压变动的评估与治理工作。因此,本文依据该标准中关于电压变动限值的規定,给出了以变动次数作为阈值对电压变动幅度进行评估和以电压变动幅度作为阈值对变动次数进行评估的两种方法,并结合某钢铁厂交流电弧炉的实测数据对两种评估方法的差异性进行研究,得出了一种更加科学合理的方法。

1 电压变动和频度的定义

1.1 电压变动

电压波动是指电压方均根值(有效值)相对较小幅度的变化^[6]。一般而言,凡是电压方均根值(有效值)发生变化或实际电压与系统标称电压发生偏离的现象都可以称为电压变动^[7]。电压方均根(有效值)曲线 $u(t)$ 可由每半个基波电压周期计算的一次电压方均根值(有效值)按时间顺序排列而形成。将 $u(t)$ 以系统标称电压百分数形式表示,即得电压波动曲线 $d(t)$ 。

1.2 电压变动频度

国标GB12326-2008将单位时间内电压变动的次数(电压由大到小或由小到大各算一次变动)定义为电压变动频度。文献[5]指出国标GB12326-2000中对电压变动频度的定义存在前后矛盾的地方;而GB12326-2008规定的电压变动频度在保证对设备无危害的前提下,放宽了对电压变动的限制,避免了对电压波动的错误评估。因此,本文以GB12326-2008中电压变动频度的定义为基础展开讨论。按GB12326-2008标准规定,不同方向的若干次变动,间隔时间30 ms以内算一次变动,据此,本文给出了不同情况时电压1次/0次变动频度分析(图1)。

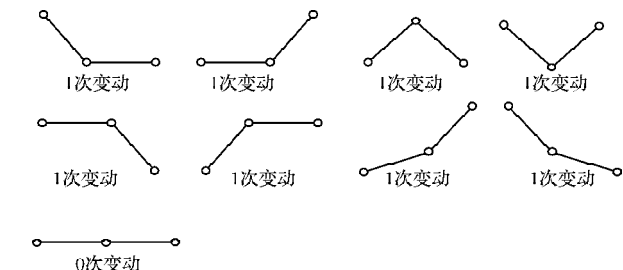


图1 电压变动频度分析图(图中小圆圈表示每半周波电压均方根值)

Fig. 1 Analysis diagrams of voltage variation rate (half wave voltage RMS value is represented by chart small circles)

2 电压变动限值评估的两种方法

国标GB12326-2008指出波动负荷在PCC点(公共连

接点)引起电压变动的限值与电压等级、电压变动频度相关。针对电压变动频度较低或规则的周期性的电压波动,可利用电压波动曲线计算其电压变动 d (表1)和电压变动频度 r 。该标准还进行了以下规定:

(1)对于变动频度很小情况(如每日少于1次),可将电压变动限值放宽。

(2)对于随机、不规则的电压波动(如电弧炉引起的电压波动),限值为表中标“*”的值。

(3)参照GB/T 156—2007《标准电压》对系统的标称电压 U_N 进行等级划分,规定 $35 \text{ kV} < U_N \leq 220 \text{ kV}$ 为高压(HV), $1 \text{ kV} < U_N \leq 35 \text{ kV}$ 为中压(MV), $U_N \leq 1 \text{ kV}$ 为低压(LV), 220 kV以上(EHV, 超高压)系统的电压波动限值参照高压系统执行。

表1 电压变动限值

Tab. 1 Limits of voltage fluctuation

$r / (\text{次} \cdot \text{h}^{-1})$	$d / \%$	
	LV, MV	HV
≤ 1	4	3
(1, 10]	3 *	2.5 *
(10, 100]	2	1.5
(100, 1 000]	1.25	1

根据GB12326-2008对电压变动限值的規定,可以给出两种评估方法。

2.1 第一种评估方法

第一种评估方法以变动次数作为阈值,对电压变动幅度进行评估。具体的评估步骤:(1)计算出1 h内电压波动曲线上相邻2个极值之差的绝对值 Δd 大于0.03的电压变动次数(即电压变动频度);(2)对照表1中给出的电压变动限值,以 r 所处于区间的电压变动限值来评估本次测量的电压变动。此方法所阐述的电压变动限值算法流程如图2所示。

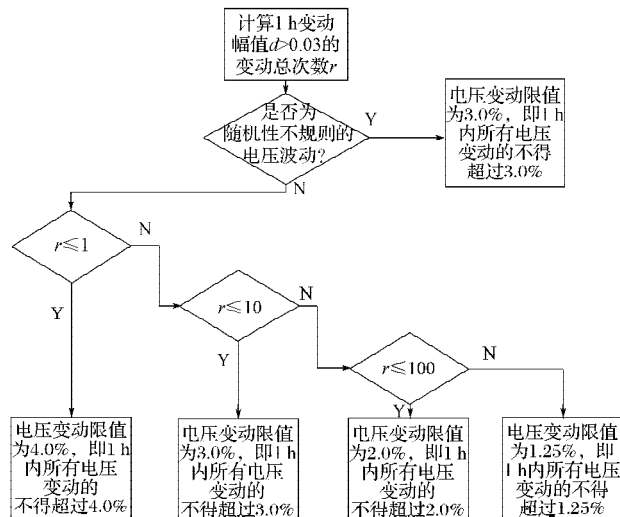


图2 第一种电压变动评估方法算法流程(以中、低压为例)

Fig. 2 Algorithm flow of the first voltage fluctuation evaluation method (in the case of medium and low voltage)

2.2 第二种评估方法

第二种评估方法以电压变动幅度作为阈值,对变动次数进行评估。以低压和中压为例,给出具体的评估步骤:(1)对1 h内电压波动曲线上相邻2个极值之差的绝对值 Δd 为4%、3%、2%及1.25%的电压变动频度,计算其对应电压变动次数(r_1 、 r_2 、 r_3 和 r_4);(2)对照表1中给出的电压变动限值,以4%、3%、2%及1.25%为电压变动频度限值,对 r_1 、 r_2 、 r_3 和 r_4 进行评估。评估方法所阐述的电压变动限值算法流程如图3所示。

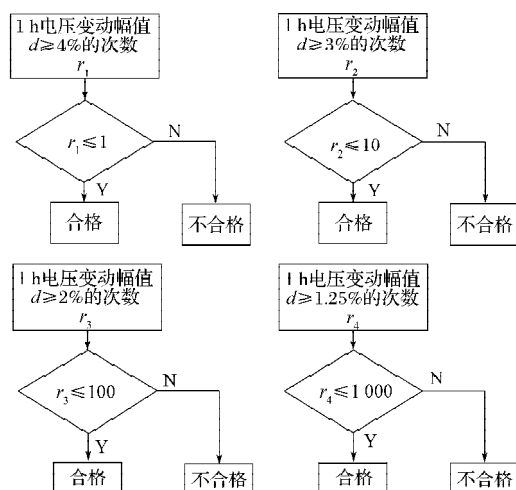


图3 第二种电压变动评估方法算法流程(以中、低压为例)

Fig. 3 Algorithm flow of the second voltage fluctuation evaluation method(in the case of medium and low voltage)

国标GB12326-2008阐述的电压波动限值评估趋向于第一种评估方法,但电压变动小于1.25%的统计会对评估结果产生影响;而从国标限值的规定中可推知小于1.25%(LV、MV)或1%(HV)的变动不应该对变动评估结果产生影响,据此发现第一种评估方法存在问题。因此,本文倾向于第二种评估方法。这种评估方法思路清晰,在工程应用中具有较强的可执行性。针对这种评估方法,需要对现有国标中关于电压变动限值的阐述进行调整。表2示出作者认为比较合理的电压变动限值,其中对于高压,只统计变动幅度为1%及其以上的电压变动次数;对于中压和低压,只统计变动幅度为1.25%及其以上的电压变动次数。

表2 建议修订的电压变动限值

Tab. 2 Proposed amendments for the voltage fluctuation limits

$d/\%$		$r/(次 \cdot h^{-1})$
LV, MV	HV	
≥ 4	≥ 3	1
≥ 3	≥ 2.5	10
≥ 2	≥ 1.5	100
≥ 1.25	≥ 1	1000

3 电压变动限值评估在工程中的应用

3.1 电压变动统计

图4示出按照第二评估方法统计电压变动次数的流程图。对某钢铁厂电弧炉33 kV供电系统进行电能质量测试,得出33 kV母线A、B、C三相电压1 h内变动趋势(图5),其统计结果如表3所示。

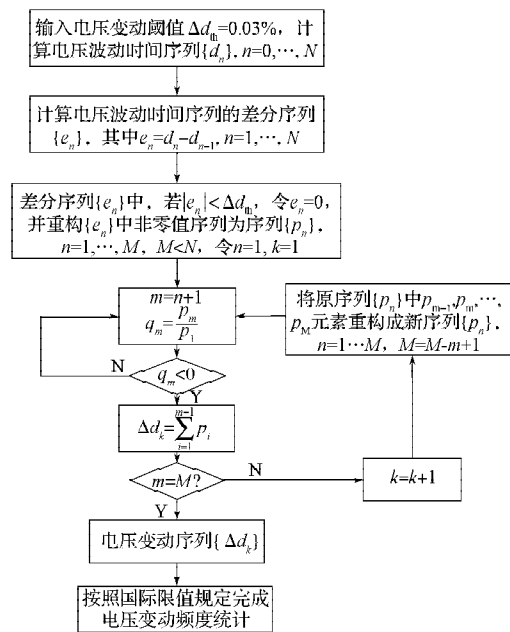


图4 电压变动统计流程

Fig. 4 Statistical process of the voltage fluctuation

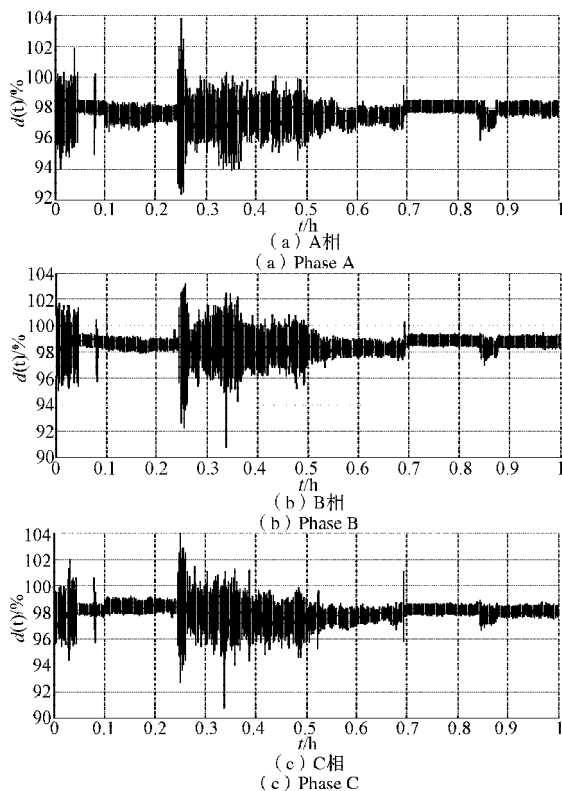


图5 某钢铁厂电弧炉33 kV母线三相电压波动趋势
Fig. 5 Variation trend of 33 kV bus three-phase voltage fluctuation for an AC electric arc furnace in a steel plant

表3 33 kV母线电压变动统计结果

Tab. 3 Statistical results of 33 kV bus voltage fluctuation

最大电压变动 /%	A 相				B 相				C 相			
	11.51				10.28				10.10			
电压变动统计阈值 $d/\%$	≥ 4	≥ 3	≥ 2	≥ 1.25	≥ 4	≥ 3	≥ 2	≥ 1.25	≥ 4	≥ 3	≥ 2	≥ 1.25
电压变动频度测量值	417	1 152	3 661	11 251	644	1 917	6 556	17 390	440	1 259	4 271	12 693

3.2 两种评估方法的差异性

本文倾向于第二种评估方法,故只统计了电压变动大于1.25%的次数。从统计结果可以看出,大于1.25%的变动次数已大于100次,加之小于1.25%的电压变动次数,按照表1的规定,选取电压变动限值为1.25%;考

虑到本文评估的负荷为电弧炉,故按第一种评估方法给出的电压变动限值应为3.0%。第二种评估方法评估量为电压变动频度,具体参见表2。结合1 h内电压变动的统计结果,给出了两种评估方法的评估结果对比(表4)。

表4 33 kV母线电压变动评估结果

Tab. 4 Evaluation results of 33 kV bus voltage fluctuation

评估方法一															
大于 1.25% 的变动次数 r				r 所处的变动频度范围				最大电压变动 /%		电压变动限值 $d/\%$					
A 相		11251		>100				11.51		3					
B 相		17390		>100				10.28		3					
C 相		12693		>100				10.10		3					
评估方法二															
A 相				B 相				C 相							
最大电压变动 /%				11.51				10.28				10.10			
规定变动频度限值 r				≤ 1 (1, 10] (10, 100] (100, 1 000]				≤ 1 (1, 10] (10, 100] (100, 1 000]				≤ 1 (1, 10] (10, 100] (100, 1 000]			
电压变动统计阈值 $d/\%$				≥ 4 ≥ 3 ≥ 2 ≥ 1.25				≥ 4 ≥ 3 ≥ 2 ≥ 1.25				≥ 4 ≥ 3 ≥ 2 ≥ 1.25			
电压变动频度测量值				417 1 152 3 661 11 251				644 1 917 6 556 17 390				440 1 259 4 271 12 693			

对比两种评估方法的评估结果可知:第一种评估方法只需统计1 h内电压波动曲线上相邻2个极值之差的绝对值大于0.03的电压变动次数;而第二种评估方法需要分别计算处于不同变动范围的变动次数,统计数据的复杂性增加,但统计数据更加有说服力,评价更加科学合理。第一种评估方法不合理之处在于,当测量仪表精度足够高,且根据电压变动定义10 ms计算一个方均根值和根据电压变动频度定义3 0 m s 间隔算一次电压变动,则每小时电压变动 r 次 $\left(\frac{1000}{30} \times 3\,600 \leq r \leq \frac{1000}{10} \times 3\,600\right)$,此时表1中规定的电压变动频度范围已无意义;而采用第二种评估方法对电压变动进行评估,其结果更加清晰,执行起来更加方便、准确,因此第二种评估方法更科学合理,在实际工程中有一定的应用价值。

4 结语

本文详细阐述了电压变动的两种不同评估方法。通过对比发现,标准GB 12326-2008对电压变动限值的规定存在不足之处,会对电网电压波动评估和治理工作产生影响;从工程应用角度而言,以电压变动幅度作为

阈值对变动次数进行评估的方法能够计算处于不同变动范围的变动次数,可执行性更好。本文对原国标中电压变动限值表进行修正和完善,提出一种新的电压变动限值表,不仅保留了原国标中的相关规定,而且简单易懂。若用此表代替现行国标中的电压变动限值评估表,国标将更合理、更易于执行。

参考文献:

[1] 全国电压电流等级和频率标准化技术委员会. 电能质量国家标准应用指南[M]. 北京: 中国标准出版社, 2009: 57-58.

[2] 佟为明, 宋雪雷. 电压闪变的相关标准及分析[J]. 低压电器, 2006(2): 57-61.

[3] 王慧武, 任美辉. 电能质量相关国际技术标准制修订的最新进展[J]. 电测与仪表, 2011(9): 91-96.

[4] 蔡春元, 王志君. 供电企业电网电能质量管理的探讨[J]. 电测与仪表, 2005(11): 14-16.

[5] 朱明星, 裴延涛, 高敏. 关于电能质量国标中电压变动频度定义的探讨[J]. 电测与仪表, 2012(8): 61-65.

[6] Kusko A, Thompsom M T. 电力系统电能质量[M]. 张一工, 谭伟璞, 刘晋, 译. 北京: 科学出版社, 2009: 39-40.

[7] 肖湘宁. 电能质量分析与控制[M]. 北京: 中国电力出版社, 2010: 84-87.

