

电快速瞬变脉冲群试验对电子式电能表影响分析及不确定度评定

电快速瞬变脉冲群试验可有效测试电子式电能表的供电电源端口、信号、控制和接地端口在受到电快速瞬变群脉冲时的抗干扰性能,是一项十分重要的电磁兼容试验。简要阐述了电快速瞬变脉冲群试验的基本原理,对脉冲电压、重复频率两项对结果影响最大的参数进行不确定度分析,并开展实际测试工作,提出了测试过程中的注意事项。

许卓^{1,2} 赵山^{1,2} 黄友朋^{1,2} 林国营^{1,2}/1.广东电网有限责任公司电力科学研究院 2.广东省智能电网新技术企业重点实验室

0 引言

电快速瞬变脉冲群试验作为一种常见的电磁兼容试验,是考量电子式电能表质量的关键环节。目前,GB/T 17215.211—2006中规定了电快速瞬变脉冲群、雷击浪涌及静电放电等多项电磁兼容试验。由于电快速瞬变脉冲群属于暂态骚扰,重复频率高、上升时间短等特性,导致难以定量评定电快速瞬变脉冲群抗扰度试验不确定度和准确测量误差。

本文通过简要介绍电快速瞬变脉冲群试验的基本原理,选取脉冲电压、重复频率两项对结果影响最大的参数进行不确定度分析,根据实际测试工作情况,提出影响误差测试的解决方案。

1 试验基本概念

1.1 试验依据

根据GB/T 17626.4—2008和GB/T

17215.211—2006,电快速瞬变脉冲群试验则是一种将由许多快速瞬变脉冲组成的脉冲群耦合到电气和电子设备的电源端口、信号和控制端口的试验。它的目的就是为评定设备在受到这类暂态骚扰影响时的性能^[1-2]。

1.2 试验条件

GB/T 17215.211—2006中对试验条件有明确的规定,具体要求如下。

1) 电子式电能表处于试验状态下,即电压线路和辅助线路通以参比电压,电流回路输入额定电流。相位角应按相应标准规定的数值。

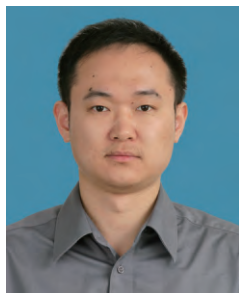
2) 耦合器与被测电子式电能表之间电缆长度不大于1 m,以确保干扰信号的衰减量满足相关要求。

3) 以共模方式(线对地)依次耦合到不同类型试验线路上,电压线路上的试验电压需取4 kV。电流线路(在正常使用时与电压线路隔离)上的试验电压需取4 kV。辅助线路(在正常使用时与电压线路隔离)上的试验电压需取2 kV。

4) 试验时间。正/负极性每一极性1 min^[3-4]。

1.3 EFTPG信号特性

电快速瞬变脉冲群的波形参数是整个试验的关键,直接决定试验的结果是否准确。根据GB/T 17626.4—2008对脉冲波形参数作了如下明确规定^[5]:①脉冲重复频率为5 kHz;②上升时间 t_r 为 $5(1 \pm 30\%)$ ns;③持续时间 t_d 为 $50(1 \pm 30\%)$ ns;④脉冲群周期为 $300(1 \pm 20\%)$ ms;⑤输出电压范



许卓/工程师

关键词/Keywords

电快速瞬变脉冲群 ·
电子式电能表 ·
不确定度 ·

广东省智能电网新技术企业重点实验室资助项目
(2060299)。

围为0.25~4 000 V；⑥输出形式为同轴输出，50 Ω；⑦输出脉冲极性为正/负极性；⑧与供电电源的关系为异步。

单个脉冲波形如图1所示，单个脉冲重复频率图如图2所示，电快速瞬变脉冲群波形如图3所示。

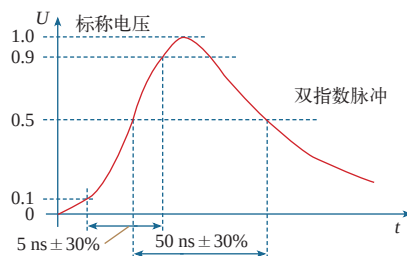


图1 单个脉冲波形

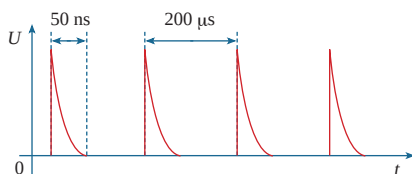


图2 单个脉冲重复频率图

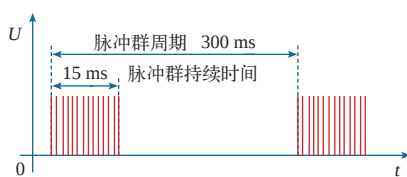


图3 电快速瞬变脉冲群波形

2 不确定度分析

由上述试验要求可见，电快速瞬变脉冲群试验参数众多，各参数对试验结果均有一定影响，以下选取脉冲电压、重复频率两项对结果影响最大的参数进行不确定度分析。

电快速瞬变脉冲群抗扰度试验的数学模型为

$$V = V_{\text{EFTPG}} \quad (1)$$

$$f = f_c \quad (2)$$

式中， V 为电快速瞬变脉冲群电压，kV； V_{EFTPG} 为电快速瞬变脉冲群发生器干扰电压，kV； f 为电快速瞬变脉冲群的重复频率，kHz； f_c 为电快速瞬变脉冲群发生器的重复频率，kHz。

下面以脉冲电压4 kV、重复频率5 kHz为例，简要分析电快速瞬变脉冲群抗扰度试验的不确定度，不确定度来源主要包括：①测量重复性引入

的标准不确定度 u_A ；②测量用仪器设备引入的标准不确定度 u_B 。

2.1 V_{EFTPG} 电压的不确定度分量评定

(1) V_{EFTPG} 测量重复性引入的相对标准不确定度 U_{A1r}

使用示波器和电快速瞬变脉冲群校准组件，对EUT电源端口进行5次测试，以测试电压L-N+4 kV为例，5次实测电压值如表1所示。

表1 电快速瞬变脉冲群电压测试数据

序号	1	2	3	4	5
电压/kV	+3.99	+3.99	+3.98	+4.01	+4.02

单次测量的标准偏差为

$$S(V_{\text{EFTPG}i}) = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(V_{\text{EFTPG}i} - \bar{V}_{\text{EFTPG}})^2}{n-1}} = 0.0164 \text{ kV} \quad (3)$$

取5次测量结果的平均值作为检测结果，则其相对标准不确定度为

$$u_{A1r}(V_{\text{EFTPG}}) = S(V_{\text{EFTPG}}) / \bar{V}_{\text{EFTPG}} = 0.41\% \quad (4)$$

(2) 测量设备允许误差引入的相对标准不确定度 U_{B1r}

电快速瞬变脉冲群发生器经过上级计量检定部门校准合格，按照GB/T 17626.4—2008要求，电快速瞬变脉冲群电压最大允许误差为±10%，服从均匀分布，故其相对标准不确定度为

$$u_{B1r} = a/k = 5.77\% \quad (5)$$

2.2 重复频率 f_c 的不确定度分量评定

(1) f_c 测量重复性引入的相对标准不确定度 U_{A2r}

选取5 kHz作为测试频率，使用示波器和电快速瞬变脉冲群校准组件，5次重复频率测量结果如表2所示。

表2 电快速瞬变脉冲群重复频率测试数据

序号	1	2	3	4	5
电压/kV	5.01	5.01	4.98	4.98	4.99

单次测量的实验标准差为

$$S(f_c) = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(f_{ci} - \bar{f}_c)^2}{n-1}} = 0.0152 \text{ kHz} \quad (6)$$

取5次测量结果的平均值作为检测结果，则其相对标准不确定度为

$$u_{A2r}(f_c) = S / \bar{f}_c = 0.30\% \quad (7)$$

(2) 测量设备允许误差引入的相对标准不确定度 U_{B2r}

电快速瞬变脉冲群发生器经过上级计量检定部门校准合格,按照GB/T 17626.4—2008要求,电快速瞬变脉冲群频率最大允许误差为 $\pm 20\%$,服从均匀分布,故其相对标准不确定度为

$$u_{B2r} = a / k = 11.55\% \quad (8)$$

2.3 相对扩展不确定度评定

对于直接测量,各不确定度分量彼此不相关,合成不确定度按照式(8)计算,相关系数均为1,即

$$u_c = \sqrt{\sum c_i^2 u^2(x_i)} \quad (9)$$

则 V_{EFTPG} 电压和重复频率 f_c 的合成标准不确定度分别为

$$u_{c1r} = \sqrt{u_{A1r}^2 + u_{B1r}^2} = 5.78\% \quad (10)$$

$$u_{c2r} = \sqrt{u_{A2r}^2 + u_{B2r}^2} = 11.56\% \quad (11)$$

取包含因子 $k=2$,则电压 V_{EFTPG} 的相对扩展不确定度为

$$U_r = k u_{c1r} = 11.56\% \quad (12)$$

取包含因子 $k=2$,则重复频率 f_c 的相对扩展不确定度为

$$U_r = k u_{c2r} = 23.12\% \quad (13)$$

3 试验数据

以下选取以某厂家5只同型号、规格的单相电子式电能表为被试设备,额定电压为220 V,电流量程为10/60 A,仪表常数为1 200 imp/kW·h,准确度等级为2.0级。试验数据如表3所示。

表3 试验数据及结论

功率因数	电流值	百分数误差改变极限(%)	实际误差改变值	结论
1.0	I_b	4.0	0.2	合格
			0.0	合格
			0.4	合格
			0.2	合格
			0.0	合格

需要说明以下两点:①电能表检定装置作为辅助设备向被试电子式电能表提供电压、电流并进行误差计算。电快速瞬变脉冲群发生器向被试电子式电能表施加干扰信号的同时,干扰信号会通过电压回路、电流回路、脉冲信号线及电源线等途径耦合到电能表检定装置上,影响电能表检定装置中的准确度,可能产生误动作、复位及死机等现象。因此,需要在电压和电流回路加装去耦网络,在脉冲采样回路使用光电转换器,在电能表检定装置工作电源端加装电源滤波器。②实际误差改变值一栏需要分别在无干扰信号和有干扰信号施加两种情况下分别测量被试品误差至少两次,然后进行计算、数据化整得到。

4 结束语

通过对电快速瞬变脉冲群抗扰度作出基本介绍,对试验结果有重要影响的参数进行了不确定度评定,提出了具体测试方法并开展具体测试工作,对正确开展电快速瞬变脉冲群抗扰度试验、准确评定试验结果具有一定指导意义。

随着国家智能电网的建设,电子式电能表大规模普及应用,如何准确开展各项电磁兼容性试验以及选择合适抽样验收方法,值得进一步的研究与探讨。

参考文献

- [1] 丁涛,何志强,刘忠,等.智能电子式电能表射频频感应的传导骚扰抗扰度试验研究[J].电测与仪表,2013(5).
- [2] 孙杰,李明.EMC电磁兼容测试仪器校准不确定度分析[J].电子质量,2012(10).
- [3] 刘慧敏,刘毅.电子式电能表电快速瞬变脉冲群抗扰度试验方法探讨[J].电测与仪表,2010(8).
- [4] 梁志成,傅静波,李富同,等.微机保护装置的电快速瞬变脉冲群抗扰度研究[J].电力系统自动化,2003(11).
- [5] 肖勇,周尚礼,张亚东.用电现场服务终端的电磁兼容设计[J].电测与仪表,2009(10).

(收稿日期:2015-07-02) EA