

氧化锌避雷器泄漏电流在线监测技术综述

郑 健¹, 张国庆¹, 田悦新², 郭志忠¹

(1. 哈尔滨工业大学 353 信箱, 黑龙江 哈尔滨 150001; 2. 石家庄经济学院计算机系, 河北 石家庄 050000)

摘要: 现场运行经验表明, 为了保证氧化锌避雷器的安全运行, 必须对氧化锌避雷器进行长期的在线监测。现有的监测方法以监测阻性泄漏电流效果最佳, 对阻性泄漏电流的效果取决于测量精度的高低。如何提高阻性泄漏电流测量精度, 始终是这一领域所关注的焦点问题。文章对近年来国内外发表文献的研究动态加以综述。

关键词: 氧化锌避雷器; 在线监测; 阻性泄漏电流

中图分类号: TM862; TM93

文献标识码: A

文章编号: 1003-4897(2000)09-0007-03

1 引言

随着氧化锌避雷器在电力系统广泛地应用, 大大地提高了电力系统的安全性。产生了巨大的经济效益。经过现场的运行表明: 由于氧化锌避雷器长期承受工频电压、冲击电压及内部受潮等因素的作用而趋于老化, 使其绝缘特性遭到破坏^[1], 表现为阻性泄漏电流增加, 引起热崩溃, 致使氧化锌避雷器发生爆炸。因此, 对氧化锌避雷器的阻性泄漏电流进行长期的在线监测是保证其安全运行的重要手段^[2-3]。但阻性泄漏电流并不能直接检测, 而需要从总泄漏电流中分离出来, 目前研究的焦点是如何提高阻性泄漏电流的提取精度。

2 主要监测方法及存在的问题

目前氧化锌避雷器的监测方法主要有: 总泄漏电流法、阻性电流三次谐波法、基波法和常规补偿法等^[4]。研究发现: 氧化锌避雷器的总泄漏电流值的大小不能完全反映氧化锌避雷器的绝缘状况, 而其阻性泄漏电流峰值的大小是表征绝缘特性优劣的重要指标。

目前我国应用较多的测试方法是用补偿法测量阻性泄漏电流。其中日本计测器制造所研制的 LCD-4 型泄漏电流测试仪是基波补偿法的代表作^[5], 主要测量氧化锌避雷器总泄漏电流、阻性泄漏电流及功耗^[6]。它是根据阻性与容性泄漏电流的正交性原理, 当自动调节 C 达到平衡条件(1)时,

$$\int_0^2 (i_t - C \frac{du}{dt}) \cdot \frac{du}{dt} dt = 0 \quad (1)$$

式中, i_t 表示氧化锌避雷器的总泄漏电流

C 表示氧化锌避雷器的等效分布电容

$i_c = C \frac{du}{dt}$ 表示氧化锌避雷器容性电流分量

即可得到阻性电流

$$i_r = C \frac{du}{dt}$$

这时泄漏电流被分成阻性分量和容性分量, 由于两者是正交的, 点乘为零。从而完全补偿掉总泄漏电流中容性电流成分。其次是用三次谐波补偿法测量阻性泄漏电流^{[7][8]}, 挪威 National Grid 公司的 LCM 型泄漏电流测试仪, 再者是 MOA-RCD 阻性电流测量仪, 是东北电力试验研究院开发的^[9]。它在原理上增加了对两边相相间耦合的补偿, 通过测量两边相的泄漏电流基波的相角差, 对边相进行相位补偿。从而能够消除相间耦合的影响。

LCD-4 被认为是原理严谨的测试仪, 但其现场测试结果还不能令人满意, 研究人员对它的现场测量误差来源进行了详细的分析, 并提出了改进措施。

文献^{[5][10]}指出了在现场带电测试中 LCD-4 误差产生的主要原因是: 由于现场的电气设备布置比较紧密, 设备间的杂散电容较大。避雷器的泄漏电流中存在着相间耦合的电容电流, 它是通过相间杂散电容耦合而来的。从而造成了三相阻性电流不平衡, 实测数据表明, 以中相 B 的测量值为基准, 对于 110kV 系统, 两边相偏差为 $\pm 10\%$; 220kV 系统两边相偏差为 $\pm 25\%$; 500kV 系统两边相偏差为 $\pm 40\%$ 。

LCM 测试仪是基于三次谐波分析法, 它的测试结果与 LCD-4 基本一致^[7]。

文献^[11]分析了氧化锌避雷器的滞回现象和电网电压谐波影响, 指出 LCD-4 在测量单相氧化锌避雷器时的原理缺陷。在电网电压存在谐波和氧化锌阀片有滞回特性时, LCD-4 仪器的原理是造成非线性支路电流测量误差的主要原因, 在某些情况下得

到的阻性电流峰值的误差是相当大的。应该利用计算机软件的方法进行分析,才能得到正确的结果。

文献^[12]分析了氧化锌避雷器相间耦合及改进措施,指出氧化锌避雷器相间耦合电容电流会改变被测相上的电位分布,也会影响检测结果。LCD-4在测量三相氧化锌避雷器时不能自动抵消邻相电压通过相间分布电容耦合到被测相避雷器中的电流,这一电流在检测结果中被当作阻性电流成分。文中针对LCD-4加移相器的改进措施作了分析,结论认为LCD-4加移相器不能保证去除相间耦合电容电流和得到合理的氧化锌避雷器的阻性电流。

MOA-RCD阻性电流测量仪,可以对两边相进行补偿,测量结果优于LCD-4的测量结果^[12],三相的测量结果基本相同。但电网谐波对阻性电流峰值有影响,引起测量结果不稳定,这时只能给出阻性电流基波值。

MCM-1阻性电流数字化测量仪^[13],还是采用补偿法原理,结合数字处理技术,在精度方面有所提高。基于这种思想的还有氧化锌避雷器冲击电流及泄漏电流联合在线监测仪^[14]。除具备MCM-1的功能外,还可以记录冲击电流的峰值。另外,也有集中式绝缘在线监测系统投入运行^[15],为自动监测系统的发展积累了一些宝贵的运行经验。

从以上文献分析,可以看出LCD-4的原理是没有考虑相间耦合电容和电网电压谐波影响,这是产生测量误差的主要根源。补偿法、三次谐波法和基波法都不能排除谐波电压对测量的影响^[4],从而影响正确判断氧化锌避雷器的运行工况。利用数字处理技术必定是未来发展的方向,它可以绘出阻性电流波形及伏安特性曲线,并且辅以数据库的支持,还可以根据各时间断面的变化曲线正确判断氧化锌避雷器的绝缘状况,及时排除事故隐患。从最终的发展来看,一个综合绝缘在线自动监测系统必定取代人工监测手段,而且这个系统也必将成为变电站综合自动化系统一个不可缺少的组成部分,它的发展前景是非常美好的。

3 新的研究动态

正是因为相间耦合电容和系统电压谐波的相互交织在一起,使得问题非常复杂。如何消除相间耦合电容和系统电压谐波对阻性电流测量结果的影响,提高测量精度,一直是人们关注的焦点问题。

文献^[16]提出了变系数补偿法,应用谐波分析法,对补偿法进行了改进,对各次谐波电流采用不同

的系数进行补偿。意在消除系统电压的谐波影响,其原理是对系统电压和总泄漏电流进行频域分析,然后对电压和电流的各次谐波分量进行计算和分析。求出各次容性谐波电流分量之和为总容性电流,用总泄漏电流减去总容性电流,即得阻性电流成分。

文献^[17]提出了阻性电流检测的多元补偿法,求解方法与文献^[16]不同,但主要思想都是认为LCD-4只补偿了基波,没有消除系统电压各次谐波的影响。文献^[18]基于谐波分析法的阻性电流数字化监视的实质也是为了消除电压谐波的影响。

文献^[19]分析了移相法和双CT法的不足之处,指出外加移相器无法消除高次谐波引起的耦合电流,而且增加了电压信号的延迟。双CT法所取得的两边相电流相位差为 $120^\circ \pm 2^\circ$,用 ϕ_0 对基准电压作校正,来消除相间干扰。这种方法要求两边相的MOA特性一致,否则,不能正确求出 ϕ_0 。文中提出将相间电容作为已知参数,先用仪器测算出来,测量时用其消除相间电容的耦合影响。

4 结论

尽管在精确测量氧化锌避雷器阻性泄漏电流方面有些进展,但要最终解决这个问题仍然存在着一一定的困难,主要表现为以下三个方面:(1)在正常工作条件下,氧化锌避雷器总泄漏电流只有几百微安~几个毫安,而阻性泄漏电流则更小,其峰-峰值的变化范围是几十微安~几百微安,只占总泄漏电流的几十分之一。(2)氧化锌避雷器阻性泄漏电流具有非线性特性,且易受温度和系统电压谐波成分的影响。阻性泄漏电流自身含有非常丰富的高次谐波。(3)相间耦合电容因素是测量误差的重要来源,且随着电压等级的升高,测量误差成倍增加。由于相间耦合电容是以分布参数形式存在的,受周围环境温度和系统电压变化的影响^[5],使得相间耦合电容测量起来比较困难,相间耦合电容的测量精度对测量结果的影响也较大。另外,取自电压互感器PT二次的电压信号有相移,也是测量误差的来源。

由于被测信号小,测量误差和计算误差对测量精度影响大;非线性特性、高次谐波和相间耦合电容因素的不确定性,使得精确求解问题相当困难。在诸因素中相间耦合电容和系统电压谐波是制约阻性泄漏电流测量精度的主要因素,因此,消除相间耦合电容和系统电压谐波的影响是本领域主要的研究方向。

参考文献:

- [1] 黄建华. 一起 110kV 氧化锌避雷器事故分析[J]. 高电压技术, 1998, 24(4): 79 ~ 80.
- [2] 肖文明. 氧化锌避雷器的测试探讨[J]. 高电压技术, 1998, 24(3): 41 ~ 43.
- [3] 周龙等. 氧化锌避雷器的监测和诊断方法研究[J]. 电工电能新技术, 1998(1): 50 ~ 53.
- [4] 常越, 钱家骊. 几种检测氧化锌避雷器阻性泄漏电流方法的分析[J]. 电瓷避雷器, 1992, (4): 56 ~ 59.
- [5] 郑劲, 彭晓莺. MOA 带电测试的误差分析及检测效果[J]. 高电压技术, 1995, 21(4): 42 ~ 44.
- [6] 日本计测器制造所. LCD-4 漏电检测仪说明书[M]. 日本计测器制造所, 昭和 60.
- [7] 游一捷. LCM 型氧化锌避雷器泄漏电流测试仪[J]. 高压电器, 1996, (4): 60 ~ 62.
- [8] J Lundquist, L Stenström, A Schei, B Hansen. New method for measurement of the resistive leakage currents of metal-oxide surge arresters in service[J]. IEEE Transactions on Power Delivery, 1990, 5(4): 1811 ~ 1822.
- [9] 颜文. 便携式 MOA-RCD 型阻性电流测量仪[J]. 中国电力, 1993, (7): 52 ~ 55.
- [10] 张仲秋. 现场氧化锌避雷器阻性电流测试误差分析[J]. 青海电力, 1998, (1): 10 ~ 13.
- [11] 常越, 钱家骊. LCD-4 仪器检测单相氧化锌避雷器阻性电流的分析[J]. 高电压技术, 1995, 21(4): 37 ~ 38.
- [12] 常越, 钱家骊. LCD-4 仪器检测三相氧化锌避雷器阻性电流的分析[J]. 高电压技术, 1995, 21(2): 77 ~ 80.
- [13] 孙才新, 唐炬. 氧化锌避雷器阻性电流的数字化测量[J]. 仪表仪器学报, 1995, 16(3): 302 ~ 305.
- [14] 鞠登峰等. 氧化锌避雷器冲击电流及泄漏电流联合在线监测仪[J]. 电瓷避雷器, 1999(3): 40 ~ 43.
- [15] 肖文明. 集中式绝缘在线监测系统运行情况浅析[J]. 高电压技术, 1998, 24(1): 38 ~ 39.
- [16] 周龙等. 金属氧化物避雷器运行状态监视中变系数补偿法和阀片性能诊断方法的研究[J]. 电工技术学报, 1998, 13(6): 21 ~ 24.
- [17] 唐炬等. 金属氧化物避雷器阻性电流检测的多元补偿法研究[J]. 高电压技术, 1999, 25(1): 36 ~ 38.
- [18] 廖瑞金等. 基于谐波分析法的 MOA 阻性电流的数字化监测[J]. 高压电器, 1999, (4): 12 ~ 15.
- [19] 王泽文等. MOA 在线监测中相间干扰的理论分析[J]. 电瓷避雷器, 1998, (2): 46 ~ 48.

收稿日期: 1999-12-28

作者简介: 郑健(1962-), 男, 工程师, 硕士研究生, 主要研究方向电力系统自动化; 张国庆(1969-), 男, 讲师, 硕士, 主要研究方向电力系统自动化; 田悦新(1960-), 男, 讲师, 硕士研究生, 主要研究方向电力系统自动化; 郭志忠(1961-), 男, 教授, 博导, 主要研究方向电力系统自动化.

Description of on-line detection technique on MOA leakage current

ZHENG Jian¹, ZHANG Guo-qing¹, TIAN Yue-xin², GUO Zhi-zhong¹

(1. Harbin University of Technology, Harbin 150001, China; 2. Shijiazhuang Economy College, Shijiazhuang 050000, China)

Abstract: It is obvious that the state of Metal-Oxide Arresters (MOA) on-line have to be detected in order to prevent them from abnormal work, especially the resistive component of the continuous leakage current to be detected, which is a good indicator of the MOA condition. Several ways of monitoring the state of a MOA in service have caused some measurement error unexpected. The problem has been highlighted by worldwide researchers in the field because of its great value on both academic theory study and practical application. In this paper, some research results coming from the last documents in the field have been collected.

Keywords: metal-oxide arrester; leaking resistive current; on-line detecting

全心服务于中国的电力事业
共创中国电力事业美好明天