

复合绝缘子轮式耐漏电起痕和电蚀损试验

徐宜志

(淄博泰光电力器材厂, 山东省 淄博市 255020)

RESISTANCE TO TRACKING-WHEEL AND EROSION TEST FOR COMPOSITE INSULATORS

XU Yi-zhi

(Zibo Taiguang Electrical Equipment Factory, Zibo 255020, Shandong Province, China)

ABSTRACT: The variation of surface condition, electrical and mechanical characteristics of composite insulators with different popular-used silicon rubber material property, different production technology, during and after 101250 cycle of dry-wet rotation with resistance to tracking-wheel and erosion test equipment are presented. This test can simulate successfully the influence of dew, shower and rainy-sunny rotating weather on on-line operating composite insulators under atmosphere pollution condition.

KEY WORDS: Composite insulator; Silicon rubber material; Tracking-wheel test; Tracking; Erosion; High voltage insulation technology; Power system

摘要: 介绍了不同配方、不同生产工艺的复合绝缘子试样在轮式耐漏电起痕和电蚀损试验装置上连续经过 101250 个干、湿循环试验中和试验后表面状态与电气、机械性能的变化情况, 试验比较真实地模拟了大气污染条件下凝露、阵雨及雨晴相间的天气对在线运行复合绝缘子的影响。

关键词: 复合绝缘子; 硅橡胶材料; 轮式试验; 漏电起痕; 电蚀损; 高压绝缘技术; 电力系统

1 引言

目前复合绝缘子生产厂商内部进行的有关试验大都是为改进生产工艺和结构设计进行的, 其中虽然也有加速老化试验, 但由于复合绝缘子结构的复杂性, 缺乏真实模拟在线运行中复合绝缘子机电性能变化、老化以及失效过程的试验, 如能较真实地模拟在线运行、自然环境、大气条件下复合绝缘子的表面状态、机电性能变化、老化及失效过程开展试验, 可以指导改进生产工艺与结构设计工作, 并使用户了解在线运行中复合绝缘子的工作状态、性能变化过程及应用时需注意的事项。

本文介绍的这项试验从 2002 年 4 月 10 日开始, 历时 225 天, 连续运行了 101250 个干、湿循环, 比

较真实地模拟了大气污染条件下凝露、阵雨及雨晴相间的天气对在线运行复合绝缘子的影响。

2 试验条件和试验程序

该项试验采用的试验设备为: 淄博泰光电力器材厂设计制造的双轮主机和清华大学研制的泄漏电流测量仪。试验条件: 试样爬电比距为 35V/mm, 试样总爬电距离为 430mm。浸液为蒸馏水与 1.4% 重量比化学纯食盐导电溶液的混合液。

试验程序:

(1) 湿试验循环连续 4 天 (96h), 1 个循环为: 7.5s 内转 90°→加高压 40s→7.5s 内转 90°→停止 40s→7.5s 内转 90°→浸液 40s→7.5s 内转 90°→滴液 40s→7.5s 内转 90°;

(2) 干试验循环 1 天 (24h), 1 个循环为: 7.5s 内转 90°→加高压 40s→7.5s 内转 90°→不加压 40s→7.5s 内转 90°→不加压 40s→7.5s 内转 90°→不加压 40s→7.5s 内转 90°;

(3) 设湿试验 4 天 1800 个循环+干试验 1 天 450 个循环, 共 5 天 2250 个循环为 1 个周期。

经过 38250 个循环试验后, 在试样外观和电气性能仍较高的情况下, 为进一步观测试样性能的变化, 继续试验直到 101250 个循环。

3 试样准备

该项试验所用的试样为: 交流挤包穿伞工艺灰色绝缘子 (0 号); 交流挤包穿伞工艺红色绝缘子 (1 号); 直流挤包穿伞工艺红色绝缘子 (2 号); 交流注射成型工艺红色绝缘子 (3 号)。

试验过程如下:

试验中各试样的检测参数有: 泄漏电流波形、泄漏电流最大幅值、各周期湿试验出现可读泄漏电

流的循环数、通过试样的电量和耗散在试样表面的能量、憎水性减弱、恢复和迁移性能、沿面电阻等,此外,还定期进行电气性能的检验。

为保持储液纯洁,定期更换储液,为保证试样伞套完全被浸没,及时按比例补充水和电解质,并保持电导率不变。

试验电压经标定后在负荷电流为 200mA 时输出电压比试验前降低了 5%,试验中流过各试样的泄漏电流的最大值约为 175mA,电压波动低于 5%。

4 试验现象和试验结果

4.1 试验现象

(1) 泄漏电流波形、幅值及可读电流的出现

经浸液、滴液后的试样加上高压后出现的泄漏电流最初都是正弦波,随着试验循环次数的增加,试样表面出现干区后产生可见光放电,初始的正弦波形或者畸变成含有高次谐波的减幅连续波,或者畸变成含有高次谐波的增幅连续波,或者畸变成增幅的正弦波,畸变情况与试样表面憎水性、积污状况、干带大小、火花放电形状有关。其后有时会出现不稳定的脉冲放电波形。整个试验过程中泄漏电流幅值逐渐增加;未出现贯通试样沿面的电弧。

注射成型工艺的 3 号绝缘子试样,在初始试验及试验过程中出现可读电流的时间都早于挤包穿伞工艺的各种试样,直至第 31 周期两种工艺试样的时间才相同,其原因是合模缝易吸水积污。

(2) 试样憎水性

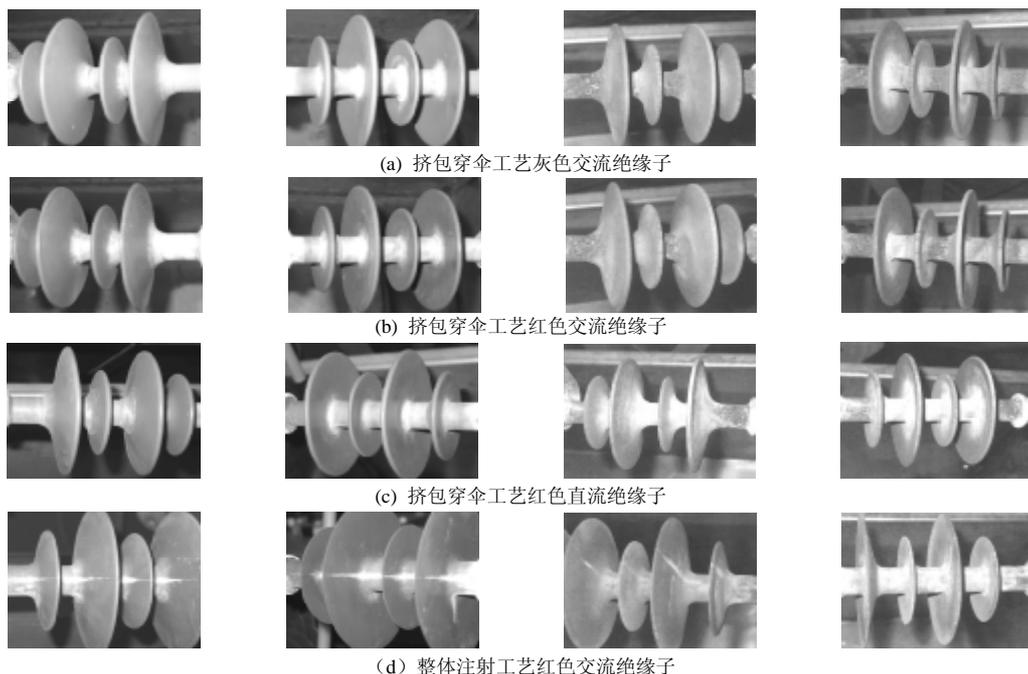
试验中用喷水分级法检测试样的憎水性,各试样的初始憎水性均为 HC1 级,湿试验中憎水性减弱相当快,至第 4 周期湿试验结束已完全丧失了憎水性。24h 干循环试验后试样的憎水性恢复,随着试验循环次数的增多,憎水性的恢复逐渐减弱,至第 45 周期接近 HC7 级。

来自生产线的复合绝缘子试样结构比较复杂,在湿试验中各部位的干湿度、电流密度、电场强度等不尽相同,憎水性变化也不同,为反映试样的真实憎水性,将整只试样分成若干独立的部位,宏观测量各部位的憎水性取其平均值作为试样憎水性综合特性。

复合绝缘子的憎水性受许多因素的影响,主要有浸液时间、火光放电的强度、表面沉积的污秽物、憎水性的恢复时间、空气温度湿度气流等。终止试验 20 天后各试样的憎水性恢复均优于 HC5 级。

(3) 污秽物的沉积

该项试验中沉积在试样表面的污秽物主要是食盐和杂质,不同工艺制造的试样表面污秽物的沉积不同。挤包穿伞工艺试样表面的积污主要是导电液中的食盐和杂质,沉积在不同部位间的污秽物也有差别,而同一部位的不同部分积污却是均匀的。注射成型工艺试样表面的不同部位积污不同,且同一部位积污的分布也不均匀,沿着合模缝及附近积污开始最早,也最严重(见图 1),原因是由于合模缝



注:各组左边的两个为第 8 周期积污情况;右边的两个为第 45 周期积污情况。

图 1 试样表面积污图

Fig.1 Picture of test composite insulators after tracking-wheel test showing the accumulated filth condition

的吸水泄漏电流密度大，发热，水分被蒸发后，食盐和杂质沉积。

4.2 试验结果

(1) 表 1 列出了各试样经 101250 个循环试验后的性能测量结果。

表 1 各试样经 101250 个循环试验后的性能
Tab.1 The performance of different test composite insulator after 101250 turn tracking-wheel test

项 目	试样复合绝缘子			
	0 号	1 号	2 号	3 号
泄漏电流最大值/mA	154	155	154	154
试样表面总电量 Q/100C	302.28	318.30	297.96	356.58
耗散总能量 W/MJ	453.50	477.93	446.89	534.77
憎水性综合特性	6.5	6.2	6.5	6.6

试样在各周期的湿试验中出现可读泄漏电流 (大于 1mA) 的时间 (以循环数计) 是不同的, 可比较的典型结果列于表 2。

表 2 试样出现可读电流的时间 (循环次数)
Tab.2 The period in terms of turn number in which readable current appears

试验周期	试样复合绝缘子			
	0 号	1 号	2 号	3 号
1	1166	605	1009	431
3	116	152	52	1
33	1	1	1	1

(2) 表 3 列出了各试样在不同试验阶段中的电气性能检验结果。表 4 为试验终止后试样的物理机械性能检验结果。

表 3 绝缘子试样电气性能
Tab.3 The electrical performance of test insulator

循环数	试样	工频湿闪	工频干闪	陡波冲击电压		绝缘电阻 MΩ
		络电压	络电压	大于 1000kV/μs		
		kV	kV	正极性	负极性	
0 循环	0 号	87.6	95	—	—	∞
	1 号	80.0	97.2	—	—	∞
	2 号	78.5	94.0	—	—	∞
	3 号	84.4	99.4	—	—	∞
38250 循环	0 号	91.3	52.5	√	√	∞
	1 号	92.4	51.4	√	√	∞
	2 号	90.9	50.8	√	√	∞
	3 号	88.2	50.2	√	√	∞
67500 循环	0 号	100.3	55.8	√	√	∞
	1 号	105.8	55.3	√	√	∞
	2 号	99.2	48.8	√	√	∞
	3 号	102.8	42.0	√	√	∞
101250 循环	0 号	39.3	97.8	√	√	∞
	1 号	45.8	101.6	√	√	∞
	2 号	39.5	100.5	√	√	∞
	3 号	35.8	103.4	√	√	∞

注: √ 代表通过试验后绝缘子完好。

表 4 试样物理机械性能

Tab.4 The physical and mechanical performance of test insulator

伞套硬度 Hs	试样复合绝缘子				说明
	0 号	1 号	2 号	3 号	
初始	70	70	70	68	平均值
停放 108 天	70	70	70	68	平均值
101250 个循环后	75	77	75	71	平均值
拉伸负荷/kN	52.1	53.0	52.0	52.1	未破坏
连接界面密封	√	√	√	√	无任何腐蚀和渗透

注: √ 代表界面密封完好。

(3) 试样伞套表面均无任何起痕、烧蚀和开裂。只是由于积污严重, 颜色变化较大。

5 结论

(1) 只从淋雨考虑, 计及试样浸液的提前和滞后时间共浸液约 1600h, 按每年淋雨时间相当于 80h 计算, 浸液时间相当于 20 年的淋雨时间。

(2) 两种胶料配方、两种成型工艺、两种着色的 4 只绝缘子试样都能经受住 101250 个循环试验, 表面并无任何起痕破损, 且有较好的机电性能, 只是工频湿闪络放电电压平均下降 50%, 但仍比循环试验电压 (15kV) 高近 2 倍。

(3) 试验中注射成型工艺试样的特点为: ① 出现可读泄漏电流的时间最早; ② 泄漏电流的最大幅值相对较小; ③ 泄漏电流持续时间相对较长; ④ 通过试样表面的总电量和表面耗散的总能量相对较大; ⑤ 表面积污不均匀, 沿合模缝积污的出现最早也最严重。

(4) 试验中挤包穿伞工艺试样的特点为: ① 出现可读泄漏电流的时间相对较晚; ② 泄漏电流的最大幅值相对稍大 (试验后期); ③ 泄漏电流持续时间相对较短; ④ 通过试样表面的总电量和表面耗散的总能量相对较小; ⑤ 表面各部位的积污不均匀, 而各部位的各部分积污是均匀的, 表明各部位上泄漏电流密度是均匀分布的。

收稿日期: 2005-05-24。

作者简介:

徐宜志 (1932-), 男, 研究员, 自 1958 年至今从事高电压物理与高功率脉冲技术方面的研究和应用工作。