

交联电缆的超低频耐压试验

周 芸

(江阴市供电局,江苏 江阴 214400)

摘 要:论述了电力系统中应用广泛的中压交联聚乙烯电缆的绝缘试验的种类和要求,重点介绍了超低频耐压试验的标准及现场绝缘诊断技术。

关键词:电缆;耐压;绝缘;诊断

中图分类号: TM247 **文献标识码:** B **文章编号:** 1001-9529(2005)03-0067-02

Ultra-low frequency voltage endurance test for cross-linked cable

ZHOU Yun

(Jiangyin Power Supply Bureau, Jiangyin 214400, China)

Abstract: The types and requirements of insulation test for medium-voltage XLPE cable widely used in electric power system were expatiated. The standards of ultra-low frequency voltage endurance test and field insulation diagnosis technology were introduced.

Key words: cable; voltage endurance; insulation; diagnosis

橡塑绝缘电力电缆是指聚氯乙烯绝缘、交联聚乙烯绝缘和乙丙橡胶绝缘电力电缆,其中交联聚乙烯电力电缆由于其电气性能和耐热性能好、传输容量大、结构轻便、安装敷设方便等优点,发展迅速。《电力设备预防性试验规程》(DL/T596-1996)中规定,橡塑绝缘电力电缆的预防性试验项目为测量绝缘电阻、测量铜屏蔽层电阻和导体电阻比、橡塑主绝缘直流耐压试验、交叉互联系统试验。

交联聚乙烯电缆如采用直流耐压,会产生以下不利的情况:

(1) 直流耐压不能有效发现交联聚乙烯电缆绝缘中的水树缺陷。这是因为交联聚乙烯绝缘在交、直流电压下的电场分布不同,在交流电压下,电场强度是按介电常数而反比例分配的,这种分布比较稳定,也就是说水树上的电场强度大于周围的交联聚乙烯绝缘,这样能使水树快速增长,使其能被有效发现。而在直流高压下,其绝缘层中的电场强度是按绝缘电阻系数而正比例分配的,水树上的电场强度小于周围的正常交联绝缘,在同样的电压下,增长速度大大小于交流电压下,这样,就不能有效发现水树缺陷。

(2) 直流高压试验后的空间电荷还容易造成电缆投运不久在交流正常运行电压下发生击穿。在国外和我国一些地方都有过相关事故报导。

(3) 在现场进行直流高压试验时,发生闪络或击穿可能会对其他正常的电缆和接头绝缘造成危害。

(4) 电力电缆进行直流高电压试验有累积效应,它将加速绝缘老化,缩短使用寿命。

由于上述原因,交联聚乙烯电缆现在一般采用交流高电压进行试验,受现场试验设备和条件限制,交流耐压有两种试验方法,一种是采用 30~75 Hz 谐振耐压,另一种是采用 0.1 Hz 超低频电压进行试验。本文主要针对超低频耐压及其一些现场诊断方法进行论述。

1 超低频耐压试验的特点

(1) 试验设备容量及重量显著减少

众所周知,对于容性设备,其试验设备容量为 $S = 2 fCU^2$,即试验容量与电源容量成正比,超低频 0.1 Hz 时,所需容量仅为 50 Hz 时的 1/500。

以一根 2 km 长电压为 8.7/10 kV 电缆为例,如最小试验电压取 $2U_0 = 17.4$ kV,对地电容以 $0.4 \mu\text{F}/\text{km}$ 计算,则 50 Hz 下所需功率为 76 kVA;而对超低频 0.1 Hz 的容量仅为 0.15 kVA。

(2) 故障发现率提高

新的交联电缆在不同频率的试验电源下的击穿电压随电源频率的上升而降低;而老化的交联电缆的击穿电压随试验电源的频率减低而略有下降。

2 试验电压标准

对于 XLPE 电缆的超低频试验标准, 各个国家有不同的标准。

欧盟最新的 XLPE 中压电缆交接试验标准中规定工频时试验电压为 $2U_0$ 持续 1 h; 0.1 Hz 超低频的试验电压为 $3U_0$ 持续 1 h。

美国试验标准 (IEEE400.2) 规定 0.1 Hz 试验电源的试验电压见表 1。

表 1 IEEE 规定的 0.1 Hz 试验电压 kV

系统电压 U_0	5	15	25	35
安装时	12	25	38	55
验收时	14	28	44	62
预防性试验及验证试验	10	22	33	47

《江苏省电力设备交接和预防性试验规程》中规定: 对 3~35 kV (U_0 为 1.8~26 kV) 电缆的交接和预防性试验时的试验电压为 $3U_0$ 。

3 试验电压波形

试验波形有两种形式, 一种是以德国哈克公司为代表, 以 0.1 Hz 余弦方波测试, 由于其兼有直流和交流两种优点, 效果良好, 但是现场测试较复杂, 同时, 故障判断不直观。另一种是以奥地利 BAUR 公司为代表, 以 0.1 Hz 正弦波测试, 因为其不具有直流分量, 不具有累积效应, 与测试负荷无直接关系, 正弦波增长率快, 同时, 在现场可代进行介损、局放试验, 故障判断直观简单。现在国内的一些测试设备, 基本上都是以 0.1 Hz 正弦波进行测试。

4 0.1 Hz 电压的绝缘诊断

诊断试验是非破坏性试验, 它是在电缆上加上一个远低于耐压电压的试验电压, 利用功率变化及波形变化来进行计算, 以此判断绝缘状况, 其中介损测量一般用于整体绝缘的诊断, 局放测量一般用于单点故障的诊断。

(1) 介损测量

XLPE 电缆的老化判据:

如果电缆介损满足以下条件, 说明电缆绝缘良好, 可以正常运行:

$$\tan \delta_{2U_0} < 1.2,$$

$$\text{且 } (\tan \delta_{2U_0} - \tan \delta_{U_0}) < 0.6$$

如果电缆介损为以下结果, 则说明电缆的绝缘严重老化, 电缆需要马上更换:

$$\tan \delta_{2U_0} \geq 2.2,$$

$$\text{或 } (\tan \delta_{2U_0} - \tan \delta_{U_0}) \geq 1.0$$

其它介损值则为需要给予注意的电缆, 可以根据情况决定是否更换。

理论上, 局放试验可以精确地发现电缆绝缘中的单点故障, 但是在现场实际测试中, 由于有电缆中间接头, 往往局放量集中在接头处, 并不能正确反映, 就算是无中间接头的电缆, 只要导体材料略有不均匀, 也容易发生局部放电, 因此, 局放试验判断结果的正确与否, 关键在于试验经验, 没有一个固定的标准。

5 实例

(1) 2004 年 3 月, 江阴市供电局拟投运一 10 kV 电缆线路, 该电缆敷设于 2000 年, 电缆型号 YJV22-8.7/10-3 \times 185, 长度 850 m, 一直没有投入运行。在投运前试验中, 试验人员用 2500 V 电动摇表测得三相主绝缘电阻分别为 16 m Ω 、25 m Ω 、25 m Ω 。为此, 3 月 29 日在现场首先采用 0.1 Hz 超低频进行介损试验, 8.7 kV 时为 0.78×10^{-3} ; 15.4 kV 时为 1.18×10^{-3} 。

在进行介损试验的同时, 进行了局放测试, 测得局放量集中于离试验处 650 m 处, 经现场检查, 该处为一中间接头。同时, 在试验电压增加到 $2U_0$ 即 15.4 kV 后, 维持加压 1 h, 未击穿。

根据试验结果分析, 该条电缆主绝缘值虽然不高, 但绝缘质量正常, 符合投运条件, 可以投运。3 月 30 日投入运行后, 电缆运行正常。

(2) 2003 年 4 月, 江阴市供电局对一运行 10 kV 电缆进行预防性试验, 该条电缆型号 YJV22-8.7/10-3 \times 240, 长度 1 032 m, 投运时间为 1999 年。测量主绝缘电阻时, 三相均为 10 m Ω 左右; 超低频试验时, 测得 $2U_0$ 时介损为 3.04×10^{-3} , 同时, 加压仅约 6 min, 即击穿。根据现场检查, 电缆离加压点约 700 m 左右有一中间接头, 在中间接头有一明显的新击穿点。将中间头断开后发现, 因电缆沟中长年积水, 中间接头中受潮严重, 已明显积水。将中间头左右各断开 50 m, 重新做头后经试验, 介损量下降至 0.57×10^{-3} , 0.1 Hz 耐压 20 min 未击穿。电缆投入后运行正常。

收稿日期: 2004-12-25

作者简介: 周芸 (1970-), 女, 工程师, 主要从事电力高压设备和技术应用工作。