

振荡波测试技术在中压电力电缆局部放电检测中的应用

刘岩¹, 林洲游², 胡伟³

(1. 浙江省电力试验研究院, 杭州 310014; 2. 温州电力局, 浙江 温州 325000;
3. 杭州市电力局, 杭州 310009)

摘要: 对比了各种中压电力电缆局部放电检测技术的优缺点, 从测试原理、定位技术两方面论述了振荡波测试技术在中压电力电缆局部放电测试中应用的可行性。最后, 结合现场测试实例验证了其中压电力电缆局部放电检测中有效性。

关键词: 中压; 电力电缆; 局部放电; 振荡波

中图分类号: TM247

文献标志码: B

文章编号: 1007-1881(2011)11-0006-03

Application of Oscillating Wave Test Technology in Partial Discharge Test of Medium Voltage Power Cables

LIU Yan¹, LIN Zhou-you², HU Wei³

(1. Zhejiang Electric Power Test and Research Institute, Hangzhou 310014, China;
2. Wenzhou Electric Power Bureau, Hangzhou 325000, China;
3. Hangzhou Municipal Electric Power Bureau, Hangzhou 310009, China)

Abstract: This paper compares the advantages and disadvantages of different technologies in the partial discharge test of medium voltage power cables and discusses the feasibility of oscillating wave test technology applied to the partial discharge test in terms of test principles and location technology. The effectiveness is proved based on the on-site test cases.

Key words: medium voltage; power cable; partial discharge; oscillating wave

0 引言

近年来, 交联聚乙烯(简称 XLPE)电力电缆由于绝缘性能好、易于制造、安装方便、敷设便捷等优点, 在城市电网中压电缆系统中(指 35 kV 及以下电压等级)得到广泛使用。一直以来, 中压电缆测试手段比较单一, 而电缆往往会由于生产工艺、原材料、运输、安装等环节存在纰漏, 导致在绝缘介质与半导体屏蔽层之间存在间隙、半导体体向绝缘层突出等缺陷, 进而产生局部放电。由于挤塑型绝缘材料耐放电性较差, 在局部放电的长期作用下, 绝缘材料不断老化最终导致

绝缘击穿, 造成重大事故^[1]。因此, 对于电缆内部局部放电水平进行检测, 可有效掌握电缆内部绝缘状况, 已引起电缆检测人员的重视。

1 中压电缆局部放电测试技术介绍

以测试电压类型分类, 中压电缆局部放电测试技术主要包括工频局放测试、变频局放测试、0.1 Hz 超低频局放测试、振荡波测试等测试技术。

在工频条件下, 测试困难在于对长距离电缆进行充电测试需要较大的电源, 测试系统包含多个设备, 如发电机或工频电源、高压变压器、控制仪器、局部放电探测装置和故障定位仪器、耦

合电容和高压连接电缆等。同时运输这些设备需要大型运输车辆，大大增加了测试费用和难度^[2]。虽然通过改变试验系统频率，对试验电源的要求有所降低，但仍存在设备数量多，不同线路所需配置不一致等问题。另外，考虑到测试频率与电缆运行工况的等效性问题，超低频局放检测适用性存在一定的局限和争议^[3]。

振荡波检测技术(简称 OWTS)是近年来国内外研究较多的一种用于 XLPE 电力电缆现场检测，它具有与交流电压等效性好、作用时间短、操作方便、轻便灵活等优点，在不会对被试电缆造成损伤情况下^[4]，实现 XLPE 电力电缆内部各种缺陷的检测目的。

2 OWTS 测试原理

2.1 振荡电压产生

OWTS 系统主要通过检测在高压振荡波传输过程中被试电缆内发生的局放来判断电缆的绝缘状态。首先在被测电缆端加直流电压至预设值，之后闭合高压开关 IGBT，通过设备电感与被测电缆电容发生谐振，在被测电缆端产生阻尼振荡电压。考虑到与电缆运行状态的等效性，系统采用固定电感和被测电缆构成阻尼振荡回路，通过配置使电压振荡频率处于工频或接近于工频。OWTS 系统的测试原理电路和产生的振荡高压如图 1、图 2 所示。

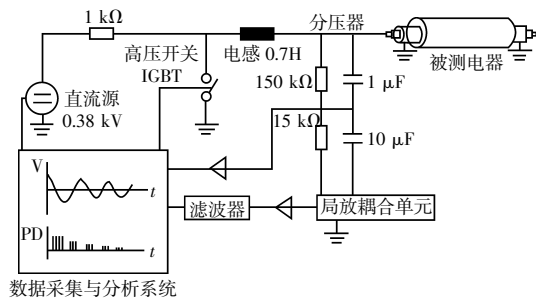


图 1 OWTS 测试原理图

2.2 局放位置确定

OWTS 系统采用脉冲反射法进行局部放电位置定位，其原理如图 3 所示。测试 1 条长度为 l 的电缆，假设在距测试端 x 处局部放电量为 Q ，脉冲沿电缆向两个相反方向传播，其中 1 个脉冲经过时间 t_1 到达测试端；另一个脉冲向测试端对端

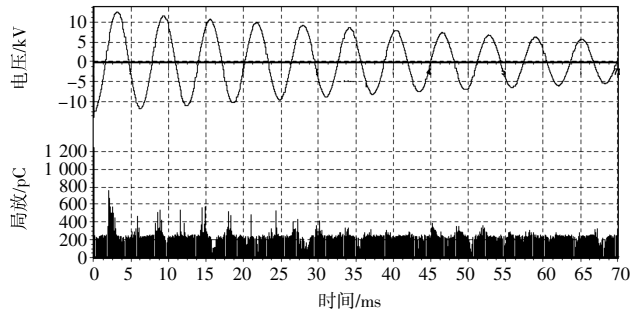


图 2 OWTS 生成振荡电压

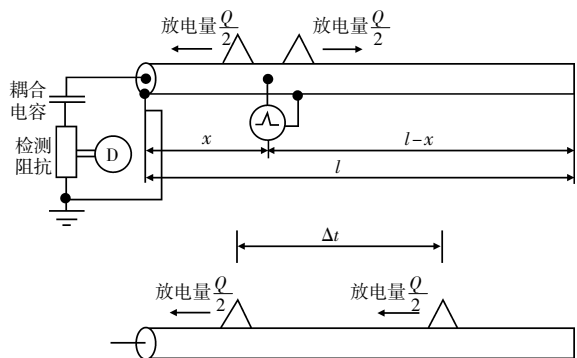


图 3 脉冲反射法定位电缆放电位置示意图

传播，并在对端反射后再向测试端传播，经过时间 t_2 到达测试端。根据 2 个脉冲到达测试端的时间差 Δt ，可计算局部放电发生的位置，即：

$$t_1 = x/v \tag{1}$$

$$t_2 = \frac{(1-x)+l}{v} \tag{2}$$

$$x = l - \frac{1}{2} \times v(t_2 - t_1) = l - \frac{1}{2} v \times \Delta t \tag{3}$$

式中： v 为脉冲在电缆中传播的波速； t_1 为电缆放电位置的放电脉冲传递到始端（即测试端）的时间； t_2 为电缆放电位置的放电脉冲经电缆终端反射后传递到始端（即测试端）的时间。

3 OWTS 系统频率对电缆内部局部放电测量的影响

Edward Gulski^[4]研究了应用振荡波测试进行电力电缆局部放电检测的有效性，比较了工频交流电压与 OWTS 电缆内部局部放电的起始电压与放电量 Q 的关系，并给出了振荡波的频率对电缆局部放电起始电压和放电量的影响，见图 4。从图中可见，OWTS 的局放起始电压大于交流

下,这是由于OWTS作用时间短,不同频率OWTS的局部电量均大于交流;OWTS的频率并不影响其局放起始电压。图中所有的频率在OWTS下局放起始电压相同,局放量大体相当。说明OWTS下由于电缆长度的不同导致频率发生改变对检测效果影响不大。

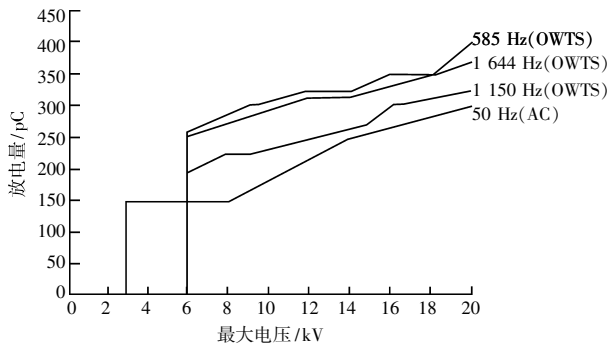


图4 工频与振荡波电压下的局放起始电压与电缆内部局部放电量的关系曲线

4 现场测试实例

4.1 被测线路

以某10 kV电缆线路现场测试为例。被测电缆长度为764 m;型号为YJV22-3×240 mm²;投运时间是2002年。加压步骤为:标准脉冲校准,背景噪声测试,0.5×U₀, 0.7×U₀, 0.9×U₀, 1.0×U₀ (2次), 1.2×U₀, 1.3×U₀, 1.4×U₀(2次),其中U₀为电缆额定相电压。

4.2 测试情况

经现场测试,在1.0U₀电压下被试电缆A相出现大量高幅值放电信号(如图5所示),最高幅值超过5 000 pC。在基于脉冲反冲原理定位局放发出位置后发现,测试始端(即电缆终端处)存在大量放电信号(如图6所示),且位置明显集中,现场初步判定终端内部存在放电缺陷。经检修人员解体检查,发现在被试电缆A相终端(测试位置)高压端主绝缘表面存在明显划痕。经过现场处理,复测后已无明显局部放电现象(如图7所示),终端集中性放电现象消失(如图8所示)。目前,该电缆已顺利投入运行。

5 结语

现场测试表明,中压电缆振荡波局部放电检测技术的定位装置现场应用比较方便,可以有效

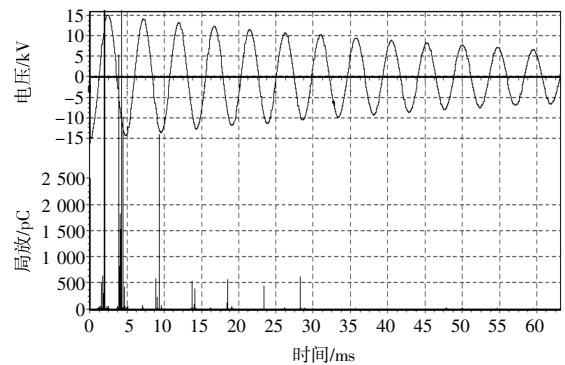


图5 A相电缆内发现明显放电迹象

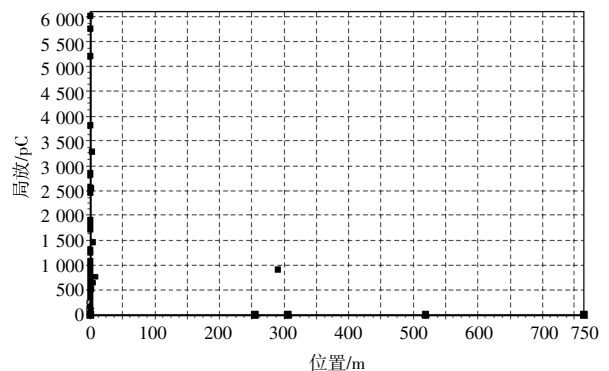


图6 A相电缆终端出现集中性放电现象

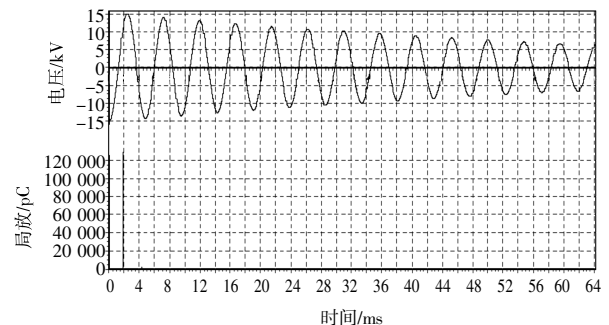


图7 A相电缆内放电迹象消失

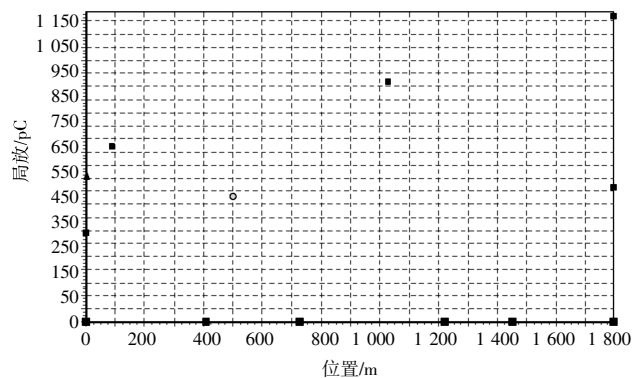


图8 A相电缆终端集中性放电迹象消失

(下转第23页)

(上接第 8 页)

检测出中压电缆的各种局部缺陷并对其进行准确定位。针对投运前的电缆和运行时间较长的老旧电缆进行检测,可以促进安装工艺的提高和避免电缆因长期运行绝缘发生劣化引起突发性事故的发生。

参考文献:

- [1] 冯义,刘鹏,涂明涛.振荡波测试系统在电缆局部放电检测中的应用[J].供用电,2009,26(3):57-59.
- [2] 饶强.交联聚乙烯电缆新的试验方法[J].广西电力,2004(8):107-109.
- [3] BOYEGO K,HYVONEN P,MARTTI A,et al Selectivity of damped sc(DAC) and VLF voltages in after-laying tests of extruded MV cable systems[J]. IEEE Trans on D&EI,

2003,5(10):874-882.

- [4] GULSKI E,FRANK J,JOHAN J,et al.Advanced partial discharge diagnostic of MV power cable system using oscillating wave test system[J].IEEE Electrical Insulation Magazine,2000,2(16):17-25.

收稿日期:2011-06-01

作者简介:刘岩(1978-),男,辽宁阜新人,工程师,从事输变电设备评价及智能变电站调试工作。

林洲游(1975-),男,浙江温州人,工程师,从事电缆技术管理工作。

(本文编辑:杨勇)