

城市配电网电缆带电检测和状态检修模式创新探讨

张凯铃 叶毅榕

(福州亿力电力工程有限公司 福建省福州市 350001; 国网福州供电公司 福建省福州市 350004)

摘要: 基于带电检测基础的状态检修技术能够监测电力设备或电缆的运行环境、工作状态,并将监测到的各类信息反馈给计算机,根据分析结果采取相应的调控措施,从而保证了电力系统运行的安全可靠、经济合理。现阶段,各类带电检测技术已经在发电机、变压器、输配电线路,以及各种二次设备的状态监测中得到推广使用。其中,电力电缆作为电力系统中连接各类电气设备的重要工具,保证其工况良好对维护整个电力系统的稳定运行有重要影响。基于此,设计一种适用于配电网电力电缆特殊的状态检修新模式成为新时期电力运维与管理工作的一项重要任务,本文主要讨论基于10kV-110kV城市配电网电力电缆局部放电带电检测方法和电力电缆状态监测的物联网监测系统建设新模式。

关键词: 配电网; 带电检测; 电力电缆; 状态检修

近年来,随着电力系统发展程度的进一步提升,电力线路中电缆的应用进一步增多,电缆在设计布局等方面也更为复杂^[1]。受此影响,电线电缆在长期的使用过程中,受到各种外界环境因素的影响,其容易出现各种故障问题而造成供电可靠性的降低。为高效解决电线电缆故障问题,基于带电检测的状态检修方式因其具备的优势成为检修工作的一种主要选择,因此需要对电线电缆的状态检修工作予以重点讨论。

1 基本非接触式配电网 10kV 电力电缆局部放电带电检测方法

目前,国内城镇配电网 10kV 线路缆化发展步伐不断加快,10kV 电缆网线路占比越来越高,但日常电缆运维巡视手段单一,且受传统电缆检测技术和开关柜结构限制无法做到带电检测,成为运维短板问题。由于技术装备限制,带电检测主要以电气站房及架空线路设备为主,10kV 电缆类巡检项目是空白点,基于 10kV 配电网局放高频有源信息数据非接触式获取技术及方法,实现在“不开柜、不停电”获取配电开关柜内电缆线路局放有源信息数据是带电检测技术成为打造新检测系统的开发关键。

1.1 系统组成

系统框架见下图 1。

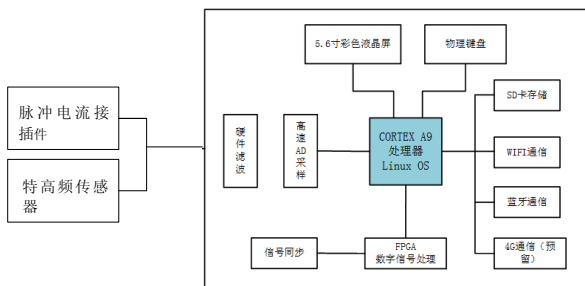


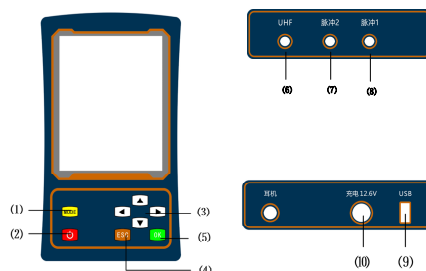
图 1 硬件系统组成框图

1.2 硬件组成

1.2.1 测试主机



图 2 测试主机图



(1) 图 3 测试主机操作面板

MODE 键,用于测量方式的切换。

电源按键,关机状态下按下该按钮即可开启仪器;开机状态下,按住电源键两秒即可关闭仪器。四个方向键,用于选项的切换,设置值的修改,图谱类型切换等。ESC 键,退出或者关闭某个页面,在波形界面时,按住该键两秒即可截屏保存当前波形。OK 键,作为确认键,进入某个页面或者设置某个参数。UHF,特高频传感器接入端子。脉冲 2,通过信号线连接到带电指示器核相孔。脉冲 1,通过信号线连接到带电指示器核相孔。

USB 接口,接入 U 盘(FAT32 格式)保存图片等。充电器接口,充电器输入接口。

1.2.2 特高频传感器

包含 UHF 天线,和包含屏蔽布的底座做成,使用时将特高频信号线 N 头接到特高频传感器天线上,将 SMA 头接入仪器 UHF 接口上,当实验现场有比较大的信号干扰时,如手机信号,此时将带阻滤波器串接到仪器 UHF

端子和信号线之间,可以有效过滤杂波干扰。



图4 特高频传感器



图5 带阻滤波器

特高频检测单元的主体是特高频传感器,采集特高频信号的主要部件,主要由天线、巴仑、前置处理电路等部分组成。

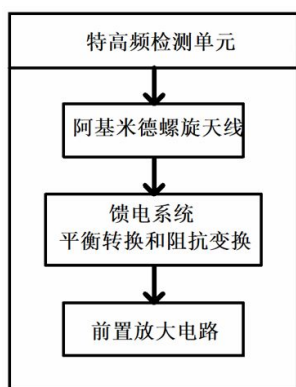


图6 特高频检测单元构成图

天线,特高频传感器一般有螺旋、平板或对数等不同特性的天线作为感应部件。传感器的灵敏度,主要取决于天线接收目标信号的增益,而感应频谱越广的天线及后续处理电路,其增益就越差。虽然平板方式与螺旋等方式的天线广谱性很好,但其增益却不高,这里存在广谱性与增益特性最佳平衡的控制问题。本装置采用针对局放信号特点专业研发的阿基米德螺旋天线及相关前置处理电路,它具备梳状响应能力,能实现广谱性和高增益之间最佳平衡,从而实现传感器高灵敏度。

巴仑,巴仑也叫平衡不平衡转换器。由于在高频无线电信号接收中,天线与馈线的阻抗不匹配或天线与发射机的阻抗不匹配,高频能量就会产生反射折回,并与前进的部分干扰汇合发生驻波,应用巴仑则可起到阻抗匹配作用,可有效减少信号衰减。

前置电路,超高频信号极易衰减,在最近的距离对天线经巴仑取得高频信号进行放大、调制等电路处理,是避免高频信号传输损失的理想方法,为此本传感器内部直接集成了相关处理电路。

屏蔽底座,变电现场有大量高强度电磁信号,尤其是手机的2G信号工作频段900M左右,是超高频检测的核心频段,而其强度可达到局放特高频信号的10倍以上,

因此,屏蔽措施是超高频检测首选的抗干扰手段。本装置配套使用针对GIS等变电设备研发的专用屏蔽软底座,可非常有效地隔离外界的特高频信号,并且非常方便实施。

1.2.3 脉冲电流信号连接线

仪器前面板的脉冲信号端子通过该信号线连接到带电指示器的,使用时将信号线一头接到TEV传感器SMA接口上,另外一端连接到仪器的TEV接口上。测试时传感器通过磁吸紧贴在柜体表面,传感器的工作频带为3M~100MHz,如下图:



图7 脉冲局放信号连接线

1.3 技术原理

当电缆存在局部放电缺陷时,局部放电高频脉冲电流会沿缆芯传播,并流入开关柜高压回路。

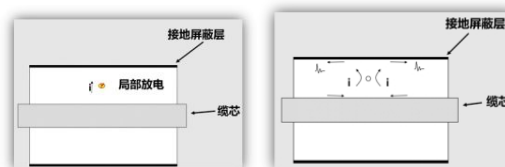


图8 放电原理图

开关柜带电指示器回路中的电容式传感器,类似于脉冲电流法中的耦合电容,可以直接耦合高压回路中的局部放电信号,效果优于其他常规带电检测方法。

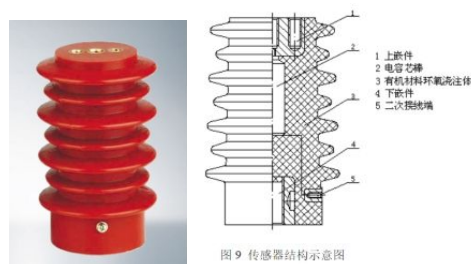


图9 传感器结构示意图

图9 带电指示器电容式传感器

使用便携式高频局部放电带电检测装置,通过带电指示器传感器连接核相孔,能够检测到该局部放电信号。

局部放电定位:由于开关柜内同相高压回路全部连通,因此当检测到局部放电信号时,需要判断信号来源。判断步骤如下:使用2个高频局放同步采集通道,相邻间隔开关柜的带电指示器同步测试,通过比较信号到达时间,判断局放来自那个间隔。通过1个高频局放和1个特高频局放采集通道,同步采集该间隔高频信号和特

高频信号。若高频信号发生的同时存在特高频信号,则该局放信号为开关柜内局放信号,否则为电缆局放信号。根据高频局放通道从带电指示器处采集的脉冲原始波形,使用脉冲反射波定位法(TDR)对局部放电进行定位。

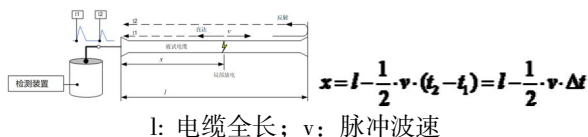


图 10 局放判定原理图

2 基于物联网温度传感技术的电线电缆状态检修技术

2.1 故障案例概况

某站共有 2 条 110kV 电缆线路。2021 年 9 月 11 日,其中一条电缆因为开关引线接头温度异常升高而临时停电检修,变电站进入非正常运行状态,另一条电缆承担了全站负荷,此时负荷电流达到了 266A(正常情况下为 140~180A)。该线路持续运行 40min 后,9 号接头的 C 相出现故障。经调查,该线路的电缆型号为 YJLW03,线路总长度为 11.5km,导线截面积 775mm²,线路内共有 36 个电缆接头。

2.2 原因分析

故障发生后,某站立即组织技术人员进行了现场调查。经检查,未发现外力破坏痕迹,故排出外力因素引起故障。事故发生时,该变电站临时切换线路导致线路的负荷电流突然增加,但是经测量发现,负荷电流并未超过最大负载,由此排出了电缆负荷电流太高引起的故障。排除上述几种可能导致电缆故障的常见因素后,技术人员对电缆的接地系统进行了检查,发现问题见下表 1。

表 1 电缆接地系统存在问题

序号	问题
1	该条线路共包括 15 段电缆,按照相关设计要求需要设置 5 个交叉互联段,这样才能有效抑制线缆金属保护层的感应电压。而现场检查结果显示,该线路仅有 3 个交叉互联段,达不到设计要求。
2	接线方法上,要求绝缘接头的同轴电缆内线芯与同一侧金属保护套连接,外线芯与对侧金属保护套连接。现场检查结果显示只有部分接线正确。

综上,金属保护层接地系统存在缺陷,导致电缆接头处电压过高、环流增加,是引起本次故障的主要原因。

2.3 温度传感技术

将温度传感器安装到电缆的接头处,然后在无线测温装置上设定数据采集频率,每 60min 接收 1 次温度数据。根据线缆运行工况,设定温度上限为 50℃,如果监

测到的实际温度超过 50℃,则监测装置自动告警,提醒工作人员及时处理。告警后,测温装置自动将数据采集频率调整为 10min/次,密切监测电缆接头温度的实时变化。在测温装置的人机交互界面,工作人员可以直观地观察到每个被监测接头的当前温度信息和历史温度信息,通过数据对比即可找出温度异常的电缆接头,从而实现故障点的超前处理,避免严重事故的发生。受到电流热效应的影响,距离故障点越近的位置,其温度越高,升温速度越快;相应的,距离电源侧越远的位置,其温度变化幅度越小^[4]。监测点 M 的温升要高于 N 点,这表明 M 点距离故障点更近一些。按照此方法,在电缆上多布置几个监测点,就可以通过各个监测点的温升情况,逐渐逼近故障点,从而缩小了故障排查范围,方便工作人员以最短时间锁定故障,为电缆故障的维修处理提供了技术支持。在基于物联网的电缆故障排查中,还可以对各个监测点反馈的数据进行横向比较,也可判断电缆故障位置^[5]。本次监测中获取该电缆 A、B、C 三相的运行温度,该线路上同一位置的 A、B、C 三相温度,C 相温度在多数时间里明显高于 A 相和 B 相温度。说明 C 相电缆出现异常。在配合上文的电缆温度监测结果,即可精准锁定故障位置。

结语

相比于传统以人工为主的检测检修模式,本研究提出了适用于在常见 10kV 配网开关柜、环网柜端不开柜开展电缆本体线路局放检测技术,技术核心包括配电电缆局放高频有源信息数据非接触式获取技术、配电电缆局放参量解析及频谱筛选分析技术、多点正量比对分析技术及相应装置,解决配电电缆线路传统带电检测受开关柜结构限制无法做到真正带电检测的难点问题。提出的一种基于物联网技术的 110kV 电缆状态检修方案,可以利用温度传感器实时采集电缆各处的温度变化情况,然后将采集数据进行汇总分析。如果某个监测点的温度出现异常升高情况,则系统立即报警,提醒工作人员及时发现和处理问题。根据监测点与故障点距离越近、温度越高的特性,可以快速查找到故障位置,进而为工作人员采取针对性的维修处理措施提供了技术支持。

参考文献:

- [1]王延海.基于区块链与物联网标签技术的电网物资追踪溯源体系构建研究[J].供应链管理,2022(7):11-12.
- [2]孟磊,邵博文,李晓东.电力电缆诊断检测技术综述[J].科学与信息化,2017(31):2-4.
- [3]周鹏.震荡波检测技术在 10kV 电缆隐患诊断中的应用分析[J].中国战略新兴产业,2018(34):186-188.
- [4]孟昭显,胡晓黎,戴卫华,等.高压电缆故障分析及状态检测技术[J].电子测试,2018(20):3-5.