

10 kV电缆中间接头防火防爆装置的研究与设计

曲冰洁

(鄂尔多斯职业学院, 内蒙古 鄂尔多斯 017004)

摘要: 随着国家经济的高速发展, 电网电缆化普及程度越来越高, 由于电缆中间接头缺陷率较高, 对电力系统稳定运行造成严重威胁。基于电力电缆接头现存问题, 对电缆接头常见检测方法进行研究, 设计出一种基于温度检测法的电缆中间接头防爆装置, 并对电缆中间接头防爆装置的结构与功能进行详细介绍。该防爆装置能够为及早发现电缆潜在隐患、减少故障率提供理论依据, 具有重要的指导作用。

关键词: 电缆; 中间接头; 防爆装置; 温度传感器; 报警

Research and design of fire and explosion proof device for 10 kV cable intermediate joint

QU Bingjie

(Ordos Vocational College, Ordos 017004, China)

Abstract: With the rapid development of national economy, the popularity of power grid cable is becoming more and more high. Because of the high defect rate of cable intermediate joint, the stable operation of power system is seriously threatened. Based on the existing problems of power cable joint, this paper studied the common detection methods of cable joint, designed an explosion-proof device of cable joint based on temperature detection method, and introduced the structure and function of explosion-proof device of cable joint in detail. The explosion-proof device can provide theoretical basis for the early detection of potential cable hazards and the reduction of failure rate, and has an important guiding role.

Key words: cable; intermediate joint; explosion-proof device; temperature sensor; alarm

0 引言

随着国家经济的高速发展, 电网电缆化普及程度越来越高^[1-3]。电缆中间接头作为电缆设备最薄弱的部件, 由于其制作工艺水平不精, 所生产出的成品存在接头不牢固、接触电阻过大及产品参差不齐的情况。此外, 当城市内涝, 各种酸碱碱性液体灌入电缆沟井中时, 也会对电缆中间接头产生腐蚀作用, 造成电缆中间接头发生绝缘击穿、爆炸火灾等安全事故^[4]。因此, 实时掌握电力电缆接头当前的运行状态, 对于及早发现潜在

隐患、减少电缆故障率及提高维护人员的工作效率有重要作用。

已有学者对电力电缆运行状态展开了大量研究工作。文献[5]以高压单芯电缆外护套接地电流的大小作为反映电缆健康水平的重要指标依据, 对高压电缆的绝缘寿命和安全运行状态进行评估, 取得了较好的工程应用效果。文献[6]基于模糊灰色综合评判理论, 采用AHP法分析各项指标权重, 建立了XLPE电力电缆的健康评价模型, 对电缆的健康度进行评价, 实际工程应用案

例验证了所建立模型和方法的正确性与合理性。文献[7]通过案例分析电缆火灾的成因,利用计算机和温度采集控制模块,提出了电缆接头温度检测预警及防爆系统的实现方案。文献[8]建立了基于负载率的高压电缆XLPE老化失效模型,并利用高压电缆预防性试验、在线检测技术、日常巡检和历史记录建立基于模糊层次分析法的电缆健康指数模型,可为有关维修部门开展设备检修提供理论依据,具有一定的参考价值。

以上文献从电缆运行状态安全预警等多方面展开研究,对于电缆事故预防具有重要指导作用,但当电缆处于火灾爆炸等危机状态下时,也需要采取一定的措施,最大程度地降低损失,缩小事故范围,保障大电网以及用电用户的安全。为此,本文对电力电缆接头现存问题展开研究,采用温度检测法对电缆运行状态进行监控,设计了一种能够对10 kV电缆中间接头运行状态进行监测预警的防爆盒装置,以期增强应对配电网电缆故障的主动性,及早发现电缆潜在隐患,实现减少电网故障率的目的。

1 电缆中间接头的相关特性

1.1 电缆中间接头存在的问题

在对电缆进行施工过程中,由于接头处制作工艺水平不精,容易出现电缆安装质量不佳、接头压接不牢固、接触电阻过大和绝缘受潮等情况,造成电缆中间接头处的散热性能差。在电力电缆工作运行期间,若电网长时间处于过载的运行状态,电力电缆中流过的电流值较大,而电缆接头处的散热性能差,导致热量无法散发,进一步造成温度持续升高直至将绝缘层烧穿,引起电缆接头爆炸,产生大量的可燃性气体,甚至会引发更严重的火灾事故。

1.2 常用检测方法

对电缆接头状态进行实时监测,对故障预警具有重要的指导作用。目前,常用的电缆接头故障状态检测技术有局部放电检测法、电流检测法以及温度检测法等。

(1) 局部放电检测法

局部放电可用于衡量电力电缆的运行健康状态,是指发生在电力设备绝缘层但尚未击穿的高频放电,是绝缘层缺陷在强电场作用下发生的反复放电,长期累积将导致电缆绝缘层发生击穿,造成严重的后果。局部放电检测多用于高压电缆接头状态检测,通过将高频电流互感器安装在接头的接地线上,基于电磁感应高频脉冲电流信号间接获得局部放电的脉冲信号,进而对缺陷状态进行诊断,局部放电检测法如图1所示。

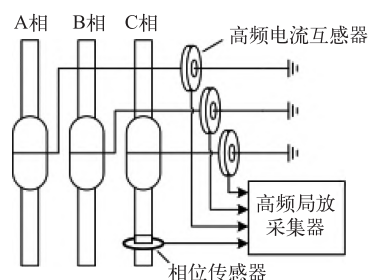


图1 局部放电检测法

Fig. 1 Partial discharge detection method

(2) 电流检测法

电缆金属屏蔽层的接地电流能够直观地反映电缆主绝缘老化过程中电容量的变化情况,可以作为判断电缆绝缘老化程度的重要依据。采用电流检测法,基于电流互感器对接地电流进行实时监测,通过分析电缆电流的变化特性,能够对电缆主绝缘的老化状态进行实时诊断,基于电流互感器的电流检测法如图2所示。

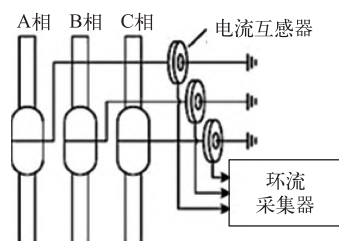


图2 基于电流互感器的电流检测法

Fig. 2 Current detection method based on current transformer

(3) 温度检测法

当电缆存在绝缘缺陷时,其绝缘性能较差,泄漏电流的大小与绝缘性能呈负相关性,随着绝缘性能的下降,泄漏电流会进一步增大,造成电

缆表层温度升高,进一步加剧了绝缘老化程度,引起恶性循环。因此,通过将温度传感器安装在电缆外护套,采用温度检测法对电缆接头表面运行温度进行持续监测,能够实时掌握电缆的健康状态。温度检测法作为常用的检测技术,常见的数字式温度传感器DS18B20、K型热电偶等均是目前较为常用的接触式传感器,技术发展较为成熟。

综合上述三种检测方法来看,温度检测法实现方式较为便捷,且温度传感器的市场应用度较高,经济实用性强,因此,本文选择采用温度检测法对电缆接头进行测温,对电缆安全运行特性进行研究。

2 防火防爆装置的结构及功能设计

2.1 基本结构

针对电缆中间接头现存问题以及发生爆炸后造成的危害,需要采用具有防火、防水和防爆性能的全覆盖密封装置来保护电缆中间接头。一旦电缆中间接头发生击穿爆炸火灾事故,则这个全覆盖密封装置能够最大限度地控制伤害范围,降低对周边电力设施的影响以及二次事故发生概率,本文将这个全覆盖密封装置称为电缆中间接头防火防爆装置。

图3为10 kV电缆接头防火防爆装置的结构示意图,主要包含高分子新型复合材料防爆盒、温度检测单元、语音告警单元、指示灯告警单元、通信单元以及电源单元。

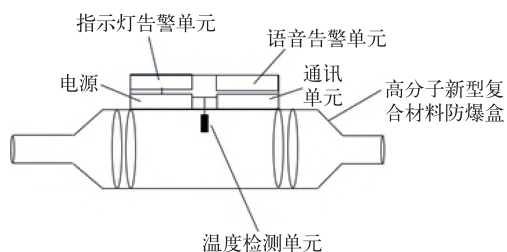


图3 防火防爆装置结构示意图

Fig.3 Structure diagram of fire and explosion-proof device

1) 高分子新型复合材料防爆盒:采用的是—种新型高分子复合材料经锻压—次成型,在防火防爆方面具备优异性能。

2) 温度检测单元:基于温度传感器对电缆中间接头的温度变化情况进行实时监测,通过设定各个参量的阈值,采用阈值告警方式对异常情况进行告警,当出现异常温度变化时,温度检测单元会把信号传递给通信单元。

3) 通信单元:通信模块接收温度检测单元传递来的信号,转化计算并通过移动通信网络将异常信息传递至后台处理中心。

4) 语音告警单元:当电缆监测温度达到所设置的告警阈值时,语音告警单元接收到异常信号开始动作,发出语音提示疏散附近作业人员及居民,防止人生事故发生。

5) 指示灯告警单元:当电缆监测温度达到所设置的告警阈值时,指示灯告警单元接收到检测信号开始动作,发出耀眼指示灯光,为抢修人员第一时间指引故障接头的所在位置,避免封闭环境视线不足导致的探查不便。

6) 电源模块:采用大容量锂电池,给装置的各个组成单元提供能源,保障防火防爆装置的正常运行和通信。

2.2 主要功能

(1) 智能检测功能

1) 电池电压状态检测功能:本装置具有内置电池电压低压预告警功能,当内置电池电压下降到低于20%时,中间电缆头监测点将向监控后台发送报警短信息,提醒维护人员及时更换电池。

2) 温度检测功能:当电缆表皮温度达到设定阈值时,温度传感器电路将物理信息转成电信号,采集相应参数通过通信模块发送信息至后台管理人员进行预警。

3) 通信定位功能:每个通信模块对应唯一装置,在设备现场安装前可设置指定中间接头参数及定位信息存储至通信模块,事故预警后,通信模块抽取存储的参数信息及温度检测信息发送至后台管理人员,抢修人员可以第一时间得到事故定位地点并赶赴现场处理。

(2) 先进的防爆功能

高分子新型复合材料防爆盒采用高分子复合

材料经锻压一次成型，要求其具备以下几项基本功能：

1) 具有阻燃性，防止因电缆中接头爆炸或高温引起的蔓延燃烧，阻止其燃烧至电缆的其他部分及同一电缆沟内其他电缆。

2) 具有抗爆防爆性，具备泄压口，防止电缆中接头爆炸对电缆沟内其他电缆的冲击破坏。

3) 具有防水防尘性，防止电缆沟中积水进入电缆中接头阻燃防爆盒，造成电缆中接头漏电短路等故障。

4) 具有防腐蚀性，不仅能防止酸碱等腐蚀性液体对电缆中接头阻燃防爆盒的腐蚀，并能阻止酸碱等腐蚀性液体进入电缆中接头阻燃防爆盒，对电缆中接头造成腐蚀破坏。

5) 具有足够的强度硬度，能承受外物击打。

6) 具有耐高温性，在高温环境下不产生变形破坏，保持其外形不变，保证其完整的使用性能。

防爆装置的各项性能指标的评价标准见下表。

表 防爆盒相关性能指标

Tab. Relevant performance indexes of explosion-proof box

指标类别	基本性能	评价标准
防火	阻燃性	合格
	抗拉伸强度 /MPa	>550
防爆	抗弯曲强度 /MPa	>250
	抗冲击强度 /kg·cm ⁻¹	A 级
	纵向回缩度 (%)	<5
	抗裂硬度 /HB	>250
	复合强度	>95
化学特性	耐酸性	常温下浸泡 90 天无明显变化
	耐碱性	常温下浸泡 90 天无明显变化
	耐腐蚀性	72 h 中性盐雾试验无缺陷
防护等级	-	IP66

(3) 快速抢修指引功能

当电缆表皮温度达到设定阈值时，温度传感器电路将物理信息转成电流信号，传输至指示灯告警单元，点亮防爆盒外的指示灯，为抢修人员在封闭电缆沟的环境下提供详细定位指引，提高抢修的效率。

3 结束语

本文基于温度检测法设计了一种电缆中间接头防爆装置，通过温度检测单元对电缆温度变化情况进行实时检测，通过通信单元将告警数据信息以及实时位置信息上传至服务器，同时防爆装置能够进行语音告警与指示灯告警，为疏散人员以及检修地点确认提供便利。该装置具有良好的检测性能和防爆性能，能够为解决电缆潜在隐患、减少电缆故障率提供理论依据。

参考文献

- [1] 窦巍，钱俊波，韩叶祥. 高压电缆接头在线监测系统的综合预警机制[J]. 通信电源技术，2018，35(11): 237-240.
- [2] 田成凤. 电力电缆接头温度监测与预警技术的研究[J]. 光纤与电缆及其应用技术，2015(4): 33-36.
- [3] 田成凤. 电力电缆接头的温度监测与预警研究[J]. 电线电缆，2015(3): 27-30, 35.
- [4] 刘渝根，成文杰. 变电站电缆沟内接地导体对腐蚀诊断的影响[J]. 高电压技术，2014，40(2): 505-512.
- [5] 潘伟，王浩，童斌，等. 高压电缆接地电流的计算及其影响因素分析[J]. 电力工程技术，2019，38(2): 153-157.
- [6] 李平，洪思远，李海峰. XLPE电力电缆健康度的模糊灰色综合评价方法[J]. 机电工程技术，2012(1): 34-38.
- [7] 黄山山，祝唯，王亚东，等. 基于负载率和健康状态的高压XLPE电缆可靠性评估模型[J]. 电测与仪表，2017，54(24): 47-54.
- [8] 陈杰. 电缆接头温度检测、预警及防爆系统的研制[J]. 苏州市职业大学学报，2004(4): 93-94.

作者简介

曲冰洁（1980—），女，副教授，主要研究方向：控制理论与控制工程。

（收稿日期：2022-04-10）