

电力电缆故障原因及检测技术

唐 琪

国网郑州供电公司 河南郑州 450000

摘 要: 电缆作为重要的通信和电能传输基础性部件被誉为国家经济的“神经”和“血管”。为保证电缆运行安全可靠、安装更换方便,以及市容美观,电缆大多采用直埋敷设的方式。地下恶劣的环境、过负荷的使用,以及自然老化都容易导致电缆发生故障。电缆所具有的隐蔽性导致故障难以被直接观测,因此,电缆故障的精确定位对于保障国家和社会安全运行至关重要。

关键词: 电力电缆;故障原因;检测技术

引言

保障电缆的稳定运行是一项非常重要的工作,电缆实际运行中可能发生各类故障现象,因此应当灵活选择科学有效的故障检测技术,第一时间找出发生故障的具体位置,从而确保电力电缆的安全与稳定,满足广大用户的用电需求。另外在实际的运行过程中必须要对电缆负荷予以密切监控,做好温度监测,防止电缆受到腐蚀而影响运行效率,有效提升电缆运行的可靠性。充分利用现有条件和设备,通过正确测量和判断,准确迅速地找到电缆运行故障点,及时排除故障,规划合理有效的电缆故障处理方式。

1 电缆基本结构形式

导电线芯是传导电流的通道,是电能传递的载体。要求能够减少电能传输过程中的损耗,增加线路抗拉强度。安装屏蔽层是为了屏蔽线芯表面和绝缘层之间形成的不受电场影响的间隙。在电缆中使用某些半导体导电材料可以使电场更加均匀。在交变耐压实验和投入系统之前,电缆两侧的遮蔽层必须可靠地接地,防止悬空,造成电压对电缆的击穿。在使用屏蔽层后,线芯表面电场强度降低约3%,可以使电缆的工作频率击穿电压提高30%~40%。此外,电缆外护套是导电线芯的最后一层绝缘屏障,其厚度一般为3mm~4mm,主要用PVC和乙烯两种材料制成。

2 电缆故障原因及分类

电缆出现故障的原因包括:电缆本身的质量问题、试验过程导致的故障、安装施工质量问题、外部原因导致的电缆故障、管理不善导致的故障等。

作者信息: 唐琪,1988年9月,汉,男,河南灵宝,郑州供电公司,专责,工程师,本科,电力电缆运检技术,793134325@qq.com

2.1 电缆本身的质量问题

电缆的生产工艺控制不严格、电缆压接力度不够或者位置存在偏移、电缆产品质量不符合标准、存在损伤等都会导致电缆发生故障。

2.2 试验过程导致的故障

采用了超出电缆适用范围的试验方法(如交流电缆进行直流耐压试验),长时间施加超出试验电压范围的高电压等。

2.3 安装施工质量问题

在制作电缆的中间接头和导体连接管时密封不良、敷设电缆时因野蛮拖拽使绝缘护套受损,导致电缆长期暴露在潮湿的空气中,严重时会引起电缆的绝缘内部大面积进水,最终发生事故。

2.4 外部原因导致的故障

运行过程中,牵拉或者基础沉降使电缆受到外力的冲击,导致电缆金属形变、护套损伤,引发电缆故障。

2.5 管理不善导致的故障

电缆沟槽长期积水或者土层受化学物质污染,电缆环境呈现酸性或者碱性,使得电缆护套耐压和阻抗发生变化,引发绝缘故障。电缆长期运行,发热会加速电缆有机绝缘层老化,严重时可能引发短路故障,甚至引起火灾。根据故障性质对电缆故障进行分类,可分为开路故障、低阻故障、短路故障、高阻故障。

①开路故障:电缆对地绝缘可以满足绝缘电阻要求限制,电压不能通过电缆传输至另一端,或者电缆只能提供极小的带载能力,不能满足系统的负载要求。

②低阻故障:电缆故障点的绝缘电阻明显低于该电缆应有的特征阻抗值。

③短路故障:电缆故障点的绝缘电阻趋近于零或者小于一定限值。

④高阻故障:电缆绝缘电阻明显超出电缆应有的特征阻抗。闪络性故障是高阻故障的一种间歇性故障方式,不易被发现。通常电缆进行预防性试验施加一定电压时,电缆被击穿,当电压下降到一定值时,绝缘性能自行恢复。

3 电缆故障检测与诊断方法

3.1 确定电缆类型

电力电缆的分类方法很多,可按绝缘材料划分,按用途划分,按结构特点划分,按敷设方式划分。根据电缆绝缘层的不同,其行波速度也不同,可将电缆按绝缘层材料分为三类,分别为油纸绝缘、塑料绝缘和橡胶绝缘。其中交联聚乙烯电力电缆使用得最广泛,与其他材料制成的电缆相比,交联聚乙烯电缆结构最简单,具有良好的耐热性和良好的抗外力保护能力,因此,一般交联聚乙烯电缆常用于1kV、10kV、35kV的中低压系统,特别制造的交联聚乙烯电缆可用于110kV、220kV的高压系统^[1],甚至用于超高压系统。

3.2 计算电缆参数

电缆主体及连接位置的常见缺陷主要是:老化、局部绝缘缺陷、接地高、中、低阻值等。在电缆的故障类型中,水枝老化现象是水枝尖端形成的高电场,促使水枝向水枝延伸,并逐渐向水枝转移,最终形成大面积水枝,水枝通过绝缘体而击穿绝缘。电枝老化等效漏电导为线性参数,电枝老化后绝缘的等效漏电导网络为线性等效漏电导并联等效线性电容。

3.2 利用不充分知识理论提取电缆故障信号特征

利用计算机模糊系统解决了电缆知识不充足的问题。利用不充分知识变量取值的概率分布,精确地描述不充分问题。关于单元从属关系的计算方法问题,假设 $A \subset F$, A 与外延可变的经典集合 A^* 等价,在统计学习迭代中,每一次迭代都能得到一个明确的、能确定的外延 A^* ,这一点受到主观因素的影响。通过从数据中提取未标记的训练样本,在提取电缆故障信号特征的过程中发现数据中包含的信息和规则,从而实现电缆故障信号特征的提取。基于电缆故障检测设备采集的信号^[2],从复杂信号中找出与局部放电类型有关的潜在特征。以局部放电故障为例,通过计算固有模态能量得到局部放电特征能量。

4 电力电缆故障检测技术

4.1 音频感应法

音频感应法主要是采用电声转换技术,用于电缆路径探测。通过将音频信号施加在两根电缆之间或者电缆与屏蔽层之间,将电缆远端短路。通过接收天线接收电

缆产生的音频磁场,将接收到的信号通过电声转换为声音信号,可以通过耳机直接听取声音大小,也可以通过示波器等仪器直接观测信号的波形和幅值,准确定位电缆的路径。

4.2 电桥法

电桥法属于实际工作中运用较为普遍的一种电缆故障检测方法,但由于它不符合现阶段电力行业的实际需求在很多地区已经开始被淘汰。电桥检测主要是把待检测电缆故障相和非故障相连接成小桥,依靠控制桥臂的可调电阻器让电桥处在相对平衡的状态,随后借助桥臂电阻计算得到电阻值,电缆长度和电阻成正比关系,进而能够按照电阻值计算电缆故障距离。这一检测方法属于一种较为经典的检测技术,其实际操作便利且精准确度较高,一般情况下应用于电缆接地以及短路问题的检测^[3],但缺点在于无法针对高阻和闪络性故障进行检测,这是由于发生故障后电阻较高的情况下,电桥通过电流较低,如果仪表灵敏度不高则难以有效探测。电桥检测还应当提前了解电缆具体材质、长度等相关参数,如果属于不同截面的电缆组成还应当对电阻予以换算,同时该方法无法测量三相短路故障,因此近年来逐步开始被淘汰。

4.3 声磁同步法

在施加高压脉冲信号后,电缆故障点会被击穿,产生的脉冲电流感应出脉冲电磁场。磁场传播速率接近于光速,远大于放电产生的声音信号的传播速率。同步采集到达地面的电磁场信号和声音信号,计算信号到达的时间差。当信号到达的时间差最小时,可以认为该信号发出点是最接近于故障点的位置。

4.4 脉冲检测法

对于高压电缆脉冲检测技术来说,一般涉及低压脉冲反射法以及二次脉冲反射法两种类型。前者通常应用在电缆短路和低阻故障的检测中,借助于分析反射脉冲和发射脉冲的时间差来判定故障点的距离。详细操作是把低压脉冲信号添加到故障电缆内,当其遇到故障点后会形成反射脉冲信号,借助于二者信号的时间差与波速对故障点具体位置予以判断。另外还可以按照反射脉冲的极性来判定故障类型,正极性脉冲一般为开路故障,负极性脉冲一般是短路接地故障。

二次脉冲反射检测技术一般来说针对闪络和高阻故障检测。具体操作是发射低压脉冲到电缆内,它会直接越过高阻或闪络故障点,在电缆开路端出现开路反射,产生开路反射波。随后形成高压冲击脉冲到电缆内,让

高阻故障点出现闪络放电，在导通的状态下，低压脉冲在故障点形成短路发射，产生短路发射波，当电弧熄灭时，故障点再次恢复高阻状态，把此次获得的反射波和开路反射波予以对比分析，能够了解到两条轨迹在故障位置出现较为显著的发散现象，借助于发散点能够得到故障具体位置^[4]。低压脉冲反射检测以及二次脉冲反射检测的实际操作较为简单，检测结果也非常直观，但都应当提前掌握电缆路径走向。低压脉冲反射检测技术一般是针对开路、短路和低阻故障，缺点是无法用于检测闪络和高阻故障，而二次脉冲反射检测都能够适应，但缺点在于难以判断，应结合实际情况来进行选择。

5 结束语

综上所述，电力电缆故障检测工作的科学高效开展是确保电力能源稳定安全传输的重要前提。电缆故障检测一般针对接线方式、通断状态以及电缆绝缘性能等方面实施检测，以分析判断其接线方式是否准确、是否存在断线

或开路、串线或错接、短路以及绝缘受损等情况来达到检测目的。现阶段在实际工作中一般选择万用表以及兆欧表等测量设备实施检测，但普遍反映出检测实效性难以提升的问题，时间和人力成本较高。目前已经有很多研究人员针对电力电缆故障检测展开了研究，很多现代化的检测技术方法已经在实践工作中得以普遍运用。

参考文献：

- [1]朱雪雄，邓良平. 电力电缆故障查寻探测研究[J]. 科技经济导刊，2019，v. 27;No. 690(28):56 — 57.
- [2]卜威，王韬，普凯. 电力电缆故障诊断技术在智能电网中的应用研究[J]. 机电信息，2019，No. 587(17):29+31.
- [3]黄英琼. 研究市政照明路灯电缆故障的检测及解决方法[J]. 大科技，2019，000(03):50 — 51.
- [4]刘伟. 基于Storm的XLPE电力电缆在线实时诊断方法研究[J]. 中国设备工程，2020，No. 454(18):122 — 123.