

电缆终端绝缘击穿原因分析及对策探讨

刘 丰

(四川江口水力发电(集团)厂,四川宣汉 636150)

摘要:介绍了35 kV单芯交联聚乙烯电缆在四川江口水力发电(集团)厂的运用情况。从电和热两方面对电缆终端头屏蔽层断口处绝缘频遭破坏的原因进行了分析,探讨了克服绝缘快速老化击穿的方法。

关键词:电缆终端;绝缘击穿;老化因素;故障诊断

Abstract: The application of 35 kV single-core XLPE cable in Jiangkou Hydropower Co. Ltd is introduced. The reasons for the frequently destruction of insulation in the fracture on cable terminal head shield are analyzed from both electrical and thermal insulation, and some countermeasures to overcome the insulation breakdown caused by fast insulation aging are discussed.

Key words: cable terminal; insulation breakdown; aging factor; fault diagnosis

中图分类号:TM853 文献标志码:B 文章编号:1003-6954(2014)05-0075-03

0 引言

四川江口水力发电(集团)厂位于四川省宣汉县城东北1 km处,电厂总装机容量 3×17 MW,以110 kV和35 kV两个电压等级输电线路接入系统,担负调频(峰)、基荷任务,也可作调相运行,于1992年5月投产发电。35 kV开关站设在室内,采用35 kV单芯交联聚乙烯电缆(型号YJV₃₀-120)出线上网。

1 电缆故障情况

厂内35 kV出电缆终端头最初采用瓷质环氧浇注,此类电缆头的优点是使用经久耐用、寿命长,缺点是制作工期长、工艺复杂、受现场制作条件限制多,且重量大,上架困难。随着新材料新技术的出现,原瓷质环氧浇注电缆头逐步被冷、热缩电缆头取代,冷、热缩电缆头制作工艺简单,现场制作方便、工期短,电缆头重量轻,上架劳动强度低。因此,自1992年以后,(集团)厂35 kV新增出电缆终端逐步被热缩电缆头取代(采用两端接地)。

在运行过程中,热缩电缆头的缺陷逐渐暴露,即易造成热缩电缆终端头铜辫接地处电缆绝缘老化击穿(见图1),在(集团)厂5回35 kV出电缆热缩电缆头中,每年都有此类情况发生(户内、外均有)。2013年4月15日,一回上国网35 kV出电缆A

相(室外)终端头接地铜辫处绝缘老化击穿;2013年4月26日,一回供铁厂35 kV出电缆B相(室内)终端头接地铜辫处绝缘老化击穿。故障发生后,造成电网35 kV线路被迫停运检修,电力输送减少。针对此类故障,通常的处理办法是将电缆终端头大约1 m的故障部分切除,再重新制作新的电缆头。如重复数次,电缆长度逐渐减小,最终导致电缆因余量不足而做中接头将其接长,或重新购置新的电缆。



图1 电缆绝缘老化击穿部位(铜辫接地处)

2 35 kV单芯电缆热缩终端头制作过程

35 kV单芯交联聚乙烯电缆横截面分布(见图2),从外至内依次为外层护套、钢铠、内层护套、铜屏蔽带、外半导体层、线芯绝缘、内半导体层、铜芯线。在热缩式终端头制作过程中,首先是在距电缆终端头大约800 mm处,将电缆外层护套、钢铠、内层护套切除;剥下铜屏蔽带,留下100 mm左右铜带后,将多余铜带切除,用工具将电缆端部至屏蔽断口

20 mm 处之间的外半导体层切掉,露出线芯绝缘;将电缆端部大约 40 mm 线芯绝缘切除,做好应力锥,套上线鼻子压紧,将剩余铜屏蔽带沿钢铠端面做翻领,包住钢铠;压上接地铜辫(铜屏蔽层与钢铠连接在一起接地)固定并焊接(锡焊)可靠(见图 3);用酒精清洗线芯绝缘,缠绕应力疏散胶,套上应力管热缩,套上绝缘管热缩,在端子处填充密封胶,套上密封管热缩,纵剖面(见图 4);套上防雨裙热缩,试验合格,制作完成。



图2 故障电缆横切面分布

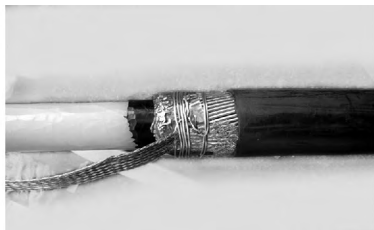


图3 电缆屏蔽层接地



图4 套装应力管

3 故障原因分析

3.1 屏蔽层断口电场分布发生改变

35 kV 单芯高压电缆每相线芯外均有一接地铜屏蔽层,输送负荷的芯线与接地屏蔽层之间形成径向分布的均匀电场,无轴向电场分布。在制作电缆终端头时,接线端子至接地铜辫焊接处之间的铜屏蔽层被切除,形成一个屏蔽断口,电场分布发生改变,产生了轴向电场分量(沿导线轴向的电力线),电场向屏蔽层断口集中,此部位电力线分布也最密

集,电场强度高,电力线分布如图 5 所示。

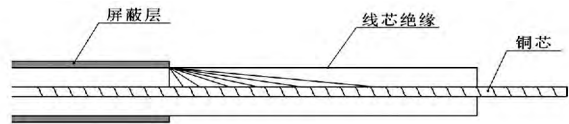


图5 屏蔽层断口处电力线分布图

屏蔽层端部接地处线芯绝缘长期处在高电场强度环境下工作,此电场强度比电缆芯线其他绝缘材料所处工作环境电场强度要高,加速了屏蔽层断口线芯绝缘的老化,使其更易被击穿。另外,35 kV 为中性点不接地系统,当发生单相接地时,其相电压升至线电压,屏蔽层断口处电场强度将大幅提升,加速了断口处绝缘老化击穿进程。

3.2 感应电流发热

35 kV 高压单芯电缆通电运行时,在屏蔽层会形成感应电压,且随电缆长度和负荷的增加而增加。在线路发生短路故障、遭受操作过电压和雷电侵入波时,屏蔽层内会产生更高的感应电压,甚至击穿护层绝缘,造成人身和设备安全事故。如果屏蔽层两端直接接地,在屏蔽层与地之间形成回路,就产生感应电流,其大小可达线路负荷电流的 40% 以上,使整个电缆金属屏蔽层发热,产生电能损耗,加速电缆绝缘热老化速度。(集团)厂现在运 5 回 35 kV 电缆(大约 100 m 长)均采用两端直接接地,经试验检测发现,屏蔽层感应电流随复合电流的增大而增大,如表 1 所示。由于焊接原因,接地铜辫与屏蔽断口处的接触电阻较大,当感应电流经过焊接处时,将产生焦耳效应致其发热,加速接地处线芯绝缘的热老化速度。

表1 线芯负荷电流与屏蔽层感应电流的关系

负荷电流 / A	35	79	160	250
感应电流 / A	15	38	76	82

以上两种原因,相互作用,加速电缆屏蔽层断口处线芯绝缘老化,形成绝缘薄弱点,当遇到某一过电压冲击时,此处绝缘易击穿,导致接地故障。

4 对策探讨

4.1 加装均压罩,改变电场分布

在电缆屏蔽断口处加装金属材质的均压罩(见图 6)或均压环,用于分散屏蔽层断口绝缘处集中的电力线。均压罩成喇叭形状,底部内卷部分与电缆

屏蔽层紧密连接在一起,改变屏蔽层断口(铜辫接地处)的电场分布,增大径向电场分量,降低轴向电场分量,降低屏蔽层断口处线芯绝缘所处位置的电场强度,减缓屏蔽层电老化速度,达到延长电缆使用寿命的目的。考虑到安装固定均压罩之后,妨碍应力管、绝缘管(加热收缩)安装工作的开展,可以改装均压环(针对35 kV单芯YJV30-120型电缆,见图7)。在制作电缆终端过程中,将事先加工好的连接片(2片,用金属材料制作)头部与接地铜辫一起均匀地搭接在一起,并固定焊接,之后加装应力管热缩,加装绝缘管热缩,从电缆接线端子处套入圆环(金属材料制作)和绝缘支架,经电气试验合格后,将电缆上架固定,铜辫接地,将连接片尾部沿虚线处折叠与电缆轴向成45°角,并与圆环连接,再将圆环和绝缘支架连接,均压环安装工作完成,整体成喇叭形状。

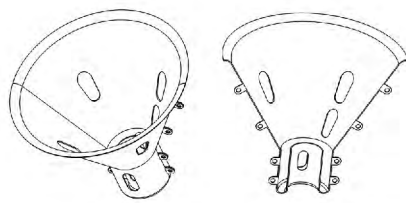


图6 均压罩构想图

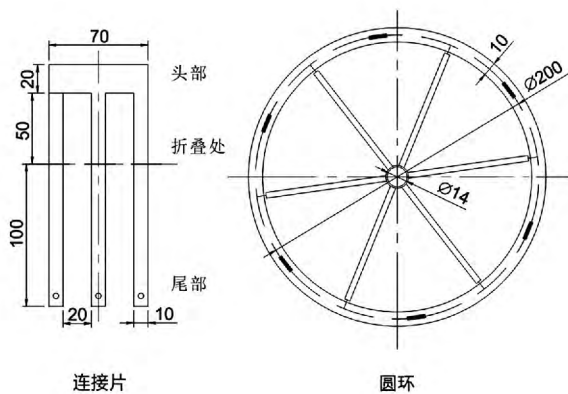


图7 均压环及绝缘支架构想图

4.2 加装保护器,降低或切断流经接地铜辫的工频感应电流

如图8所示,将电缆一端接地线直接接地,另一端经保护器接地。保护器为一压敏电阻,护器上的感应电压较低时,保护器呈高电阻状态,阻断接地回路,限制流经接地铜辫的工频感应电流;当感应电压较高时,保护器呈低电阻状态,接地回路导通,避免电缆遭受短路电流及内、外过电压冲击时,在金属屏蔽层产生的感应冲击过电压,使电缆金属屏蔽层所产生的工频感应电流和过电压均得到限制,降低电缆正常运行时铜辫焊接处的发热,减缓电缆绝缘热老化速度,有效延长电缆的绝缘寿命。

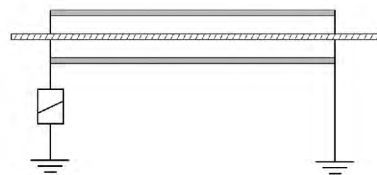


图8 电缆屏蔽层一端经保护器接地

5 结 论

(1) 从电和热两方面分析了35 kV热缩电缆头终端绝缘击穿的原因,提出电缆头终端因电场不均匀分布和环流热效应联合作用是加速绝缘老化主因,可为相关类似故障分析提供参考。

(2) 针对热缩电缆头终端绝缘易击穿这一实际问题,提出了加装均压罩和接地保护器的方案,为解决该类型设备运维中的问题提供了有效的方法,可延长设备寿命,降低故障发生率。

(3) 所设计的均压罩在35 kV电缆运维应用中取得良好的效果。但对于不同电压等级、不同型号电缆,需结合施工工艺、实际运行工况作进一步的优化设计。

作者简介:

刘 丰(1966),电气工程师,大学文化,副总工程师,主要从事水电技术及安全工作。

(收稿日期:2014-05-09)

欢迎订阅

欢迎投稿