浅析电网防山火跳闸的“陡坡效应”

Brief Analysis of "Steep Slope Effect" of the Power Grid Against Mountain Fire Trip

刘苗查¹ 蒋迪² 程登永¹ 叶恒伟³ 唐勇⁴ 龙儒哲⁵

Miaocha Liu¹ Di Jiang² Dengyong Cheng¹ Hengwei Ye³ Yong Tang⁴ Ruzhe Long⁵

1.南方电网公司超高压输电公司天生桥局
中国·贵州 兴义 562400;

2.兰州理工大学电气工程与信息工程学院
中国·甘肃 兰州 730000;

3.南方电网公司超高压输电公司南宁局
中国·贵州 兴义 562400;

4.南方电网公司超高压输电公司百色局
中国·广西 百色 533000;

5.兴义电力有限责任公司
中国·贵州 兴义 562400

1.China Southern Power Grid Ultra-High Voltage
Transmission Co.,Ltd.,China Southern Power Grid
Corporation,

Xingyi, Guizhou, 562400, China;

2.School of Electrical Engineering and Information
Engineering, Lanzhou University of Technology,
Lanzhou, Gansu, 730000, China;

3.China Southern Power Grid Ultra-High Voltage
Transmission Co.,Ltd.,China Southern Power Grid
Corporation,

Xingyi, Guizhou, 562400, China;

4.Baise Bureau, Ultra-High Voltage Transmission
Company, China Southern Power Grid
Corporation,

Baise, Guangxi, 533000, China;

5.Xingyi Electric Power Co.,Ltd.,
Xingyi, Guizhou, 562400, China

【摘要】通过对多起由山火导致输电线路跳闸故障的分析,结合南方电网公司长期防治山火的工作经验,总结山火的危害及目前输电线路防山火工作存在的问题。通过现场故障痕迹对山火导致线路跳闸机理进行剖析,找出了山火导致线路跳闸故障时,输电线路放电的故障通道,并对今后预防输电线路山火跳闸工作提出了改进意见。

【Abstract】Based on the analysis of several transmission line trip failures caused by wildfires, combined with the long-term experience of Southern Power Grid Company in preventing and controlling wildfires, this paper summarizes the hazards of wildfires and the existing problems in the prevention and control of wildfires. Based on the analysis of the mechanism of the line trip caused by the mountain fire, the fault channel of the transmission line discharge when the line trip caused by the mountain fire is found out. In addition, some suggestions are put forward to prevent the transmission line from fire trip in the future.

【关键词】山火;输电线路;跳闸;重合闸

【Keywords】bushfire; transmission lines; trip; reclosing

【DOI】10.36012/peti.v1i2.838

1 引言

当前,中国电网逐渐形成了 500kV 及以上等级的交、直流输电骨干网架,单回输电工程几百甚至上千公里的远距离、大容量输电线路走廊跨越深山老林,每年的春冬季节,常发生山林火灾容易引起输电线路跳闸,对电网安全危害非常严重。

特别是 800kV 及以上的交、直流特高压输电骨干电网的宏大电网,山火对其安全稳定威胁非常大。

2 山火危害的认识

通过对 2005 年 10 月至 2016 年 5 月南方电网某局十年来的山火跳闸研究,发现山火跳闸有以下危害:

①山火燃烧的随机性很大。几千公里的输电线路通道走廊,提前发现山火跳闸的少,这说明要及时发现山火燃烧很困难,因为山火一旦发生,可能引起跳闸的山火燃烧速度一般很快,在长距离输电线路,山火燃烧初期很难发现。

②山火跳引起的跳闸大多数重合不成功,并且会引起反复重合。重合不成功的跳闸事故一般要 40min 以后才能强送成功。

③山火会波及同走廊多回输电线路安全,引起同走廊多回输电线路相继跳闸。

3 输电线路绝缘破坏的理论分析

山火引起输电线路跳闸的短路路径对很多维护人员来说还是一个盲区,当前仍有一部份工作人员认为山火跳闸是由山火燃烧产生的碳化物质(烟尘)引起的。

在通常情况下,气体中仅带有少量带电离子。但发生森林大火时,山火燃烧产生的火焰高温,燃烧的热能和光能会促使气体分子迅速膨胀和激发更多的带电离子,带电离子伴随着热气流一起运动,挤占了原有的空气空间,使电场的绝缘空间变成了非绝缘游离空间,电场耐压击穿能力下降。

放电通道一旦形成,由于山火燃烧的持续时间较长,在短时间内这一通道是一直存在的,只有当燃烧减弱和风力改变流柱方向,热空气中的带电离子与电子中和,冷空气稀释热空气中的带电离子对,使空气的绝缘性能提高,才能恢复空气维持 500kV 及以上电场绝缘的水平,这样这条导电通道才能中断,这是输电线路山火跳闸后重合不成功或重复跳闸的原因。

4 电网山火跳闸的“陡坡效应”

从输电线路山火跳闸的现场环境分析,引起输电线路跳闸的现场环境大部分是由常绿树的树冠火与地表火混和燃烧引起的,也有少部分是枯草和灌木丛燃烧引起的,这些可燃物的燃烧都与地面坡度原因密切相关,地面坡度越大,山火就有更多的氧气支持,燃烧越充分。当燃烧在山坡底部发生时,底部加热的空气分子体积迅速膨胀和运动速度加快,热空气游离向上运动,接着在山坡的中部和顶部可燃物再次迅速燃烧,还没有被冷空气“稀释”的热游离再次在中部和顶部的燃烧的热能和光能作用下,其“流柱”绝缘性能更差,这就是山火的“陡坡效应”,它促使输电线路绝缘更容易被破坏,最终形成放电通道。

山火的“陡坡效应”直接表现在两个方面,一方面是燃烧火焰的高度和燃烧前进的速度。当坡度越大,可见的火焰越高,燃烧前进速度也越快(见图 1)。这样山火受到“陡坡效应”

的作用,凝聚热空气游离“流柱”离子对越多,绝缘性能越差,越容易造成电网的跳闸。

图 1 不同坡度情况下的山火火焰高度和移动速度

此外,从输电线路结构和山火跳闸的位置来分析,输电线路山火跳闸往往在距离塔位 50m 以内,因为在 50m 以内,在铁塔前后 50m 内的地面,往往是陡坡顶部,也是导线与避雷线空间最小的部分,山火的“陡坡效应”大大降低热空气“游柱”的绝缘性能,热空气“游柱”填充导线与地面和避雷线的垂直空间,在这一垂直空间中,最薄弱的地方就容易破坏绝缘,形成放电通道。所以“陡坡效应”作用下,导线-避雷线放电路径的跳闸较多。

5 关注山火的“陡坡效应”,预防山火跳闸

通过山火跳闸的研究和“陡坡效应”的提出,让人们认识到山火在电网维护中的破坏性,并采取具有针对性维护的电网法。

加强输电线路的通道巡视,及时发现和登记超过 40°以上坡度的地形,作为“陡坡效应”特别维护区域,及时清理该区域的树木等可燃物。加强对林区用火管理,加大防火安全宣传,减少山火的发生。开展防火巡查,及时发现山火,及时运用转移负荷,降压运行或紧急停运的方法,减少电网安全威胁。

基于以上研究,加强电网走廊内陡坡上的植被管理,才能有效降低山火威胁,保护电网稳定运行。