

运用检修

动车组高压系统对地闪络放电分析及应对措施探讨

赵晓明

(北京动车段 质量检查科, 北京 102613)

摘 要: 针对雨、雪、霜、雾不良天气对动车组高压系统造成影响、干扰运输秩序的问题, 结合动车组结构特点和运用实际情况, 从理论上分析了动车组车顶高压部分发生对地闪络故障的原因, 提出了相应的改进措施和建议。

关键词: 动车组; 高压系统; 不良天气; 闪络; 原因分析; 措施

中图分类号: U266.2; U269.6 文献标识码: B
文章编号: 1000-128X(2013)04-0100-02

1 问题的提出

近2年, 随着京沪、京广高铁相继开通运营, 动车组一次运行里程延长, 跨区域遭遇雪、雾、霜及小雨潮湿天气范围加大, 发生车顶绝缘子闪络故障增多, 致使动车组不能正常运行。如2011年12月4日, 华北地区浓雾弥漫, CRH380B-6207L动车组担当D345任务, 天津南站换端时由于车顶绝缘子发生闪络, 造成接触网烧断故障; 2013年1月30日, 京广高铁石家庄站始发后, 依次出现雾霾、雾转小雪、雾转雨夹雪和小雨天气, CRH380A-6060L、6062L动车组运行至信阳站停车时, 高压电压互感器相继发生闪络。因此很有必要对不良天气造成的闪络原因进行分析。

2 动车组发生对地闪络原因分析

动车组受天气、环境及运行工况的影响造成绝缘子发生闪络的原因文献[1]已有分析, 本文不再详述。

2.1 动车组绝缘子的高度偏低

动车组所使用的受电弓支撑绝缘子、隔离开关支撑绝缘子、电缆支撑绝缘子为硅橡胶材料, 电气间隙为290 mm, 不满足GB/T 21413.1—2008最小电气间隙为310 mm的要求。由于电缆支撑绝缘子爬电距离最小为900 mm, 在浓雾、霜雪天气下, 绝缘子表面凝霜纳污, 该部位易造成闪络放电。

另外, 为适应300 km/h等级要求, 动车组使用的受电弓支撑绝缘子由环氧树脂浇铸而成, 高度为310 mm。由于受电弓支撑绝缘子高度降低(200 km/h等级的高度为400 mm), 在轻雾、雨天运行时, 绝缘子表面没有凝

霜, 受电弓底架通过大气对车顶的绝缘要弱于通过爬电距离较长的绝缘子表面的绝缘, 导致底架直接对车顶放电。

2.2 绝缘子表面喷涂不规范

目前, 各型动车组车顶安装的绝缘子材质主要有3种: 硅橡胶、环氧树脂和瓷质材质。由于近几年复合绝缘材料应用取得新进展, 硅橡胶、环氧树脂材质绝缘子具有良好的憎水性、憎水迁移性和电晕发生后的憎水恢复效应, 抗污闪性能优异, 无需对其表面喷涂憎水材料。对于瓷质绝缘子, 由于陶瓷材料分子结构中稳定的化学键使其具有很大的表面自由能, 易吸湿, 防污闪性能差, 需对其表面喷涂憎水材料以增强其憎水性。

在现场对瓷质绝缘子表面喷涂防污闪涂层时, 若表面清理不干净, 喷涂工艺不当, 涂层的厚度、均匀度不一致, 造成防污闪层与绝缘子表面粘接不牢, 喷涂后出现起皮、掉块等现象, 在不良天气时, 积水、积尘将诱使放电距离变短, 引发闪络接地。

2.3 低速运行时绝缘子冰体融化

绝缘子的介电损耗与电压存在如下关系:

$$P = \kappa E^2 f \varepsilon \tan \delta \quad (1)$$

式中: P 为介电损耗; E 为电压; f 为频率; ε 为绝缘材料介电常数; $\tan \delta$ 为损耗因子。

由式(1)可以看出, 虽然绝缘材料的 ε 与 $\tan \delta$ 均较小, 而且 f 也不高, 但由于 E 很高, 而且与 E 成平方关系, 因此高压环境下运行的绝缘子将会产生一定的热量。

运行中由于气流的吹弧与冷却作用, 可抑制绝缘子闪络击穿的发生。在动车组由北方往南方运行过程中, 气温逐渐升高, 附着在绝缘子表面的冰霜开始融化蒸发, 但当进站车速较慢或停车时, 气流吹弧与冷却作用减弱, 在电晕和介电损耗发热作用下, 处于临界状态的融化冰体内污染介质形成导电体短路接地, 导致绝缘子闪络放炮烧损。

2.4 动车组操作引起的闪络

当动车组进站换端操作时, 重新升起受电弓、闭合主断路器的瞬间, 牵引供电系统空载电流将产生很大的操作过电压 ($E = L di/dt$), 绝缘子表面冰霜及空气被电离后形成导电桥, 加上外部电压, 便会发展成闪络。动车组发生车顶高压部件对地闪络放电后, 对地绝缘值迅速降低, 此时若再进行升弓, 随着受电弓与接触网导线的距离逐渐变小, 它们之间的空气发生电离, 空气介质由绝缘状态变为导电状态, 绝缘击穿后短路电流值迅速增加, 随即产生强烈电弧, 伴随电弧产生的高温, 接触网导线将被熔化。

3 改进措施及建议

3.1 提高车顶高压部分绝缘性能

一是将动车组高压瓷质绝缘子的表面喷涂防污闪

收稿日期: 2013-02-07

涂料,喷涂时严格按工艺要求,确保绝缘子表面清洁、光滑、均匀、绝缘性能良好;二是在综合考虑受电弓受流、绝缘子强度、风阻等因素下,加高车顶受电弓支持绝缘子高度,由310 mm增高为400 mm;三是对绝缘子固定螺栓加装绝缘帽;四是对继乘回库动车组安排入库进行绝缘子擦拭作业,对异地停留、前日未入库进行绝缘子擦拭作业的动车组,需在当日提前采用固定交路使用备用车辆替换的方式,安排入库进行绝缘子擦拭作业。

3.2 完善应急故障处理方法

在严重雾霾、雾霜天气时,动车组在动车所内、始发站、折返站均不进行换弓操作,当天运行使用同一受电弓;出现雾霾天气时,取消当日库外低速洗车作业,长编动车组入库采用单弓模式(后弓);优化动车组入库方式,在保证检修节点的前提下短编动车组尽量排入最近列位的股道,减少入库时间;动车组入库后,采取先断电后供电的检修模式。

运行中或在站内发现车顶绝缘子放电闪络、接触网电压为0时,要及时降下受电弓,并向动车调度汇报,听从调度人员的指挥;利用文献[1]阐述的检测方法,在判明本列动车组车顶绝缘子接地后,切除相应高压牵引供电单元,降速维持运行,若无法切除,请求救援。

3.3 开展影响动车组放电闪络诱因研究

2011、2012年冬季几次大范围雾、霜、雪天气,对电力机车、动车组和接触网造成的闪络影响程度不一样,与供电网压、运行速度、温度、湿度和沿线环境有密切关系。以CRH5型动车组为例(见图1),通过在3车受电弓绝缘子上方、5车DJ1两侧加装TAP5、TAP3、TAP4电流互感器,将上述检测的电流值传至牵引控制单元(TCU),比较TAL、TAP5电流值,可准确判断本动车组受电弓支持绝缘子是否接地及接地绝缘瞬时值情况;比较TAL、TAP1、TAP3、TAP4的电流值,可判断相应高压接地单元,以防雾闪故障的发生。

高压电压互感器、真空主断路器是车顶高压对地放电的重点部位,可考虑优化外部绝缘子断面形状,以增大伞裙间距离;另外,可考虑在动车组进站停稳后,利用动车组本身风源或车站停车位置地面风源,对车顶绝缘薄弱区域进行强迫风冷。

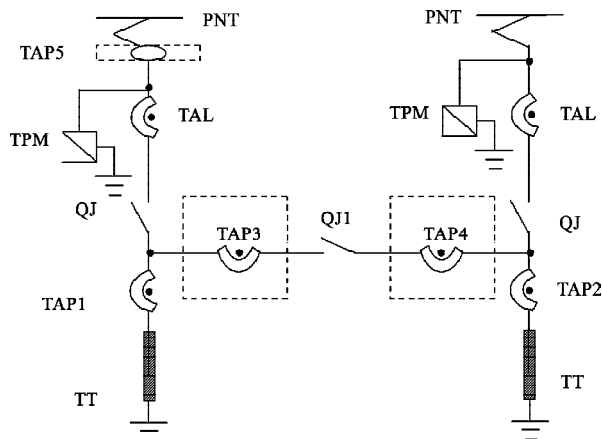


图1 CRH5型动车组高压供电系统

4 结语

近几年,动车组运用部门通过提高绝缘子清洁保养质量,对瓷质绝缘子表面喷涂防污闪涂料,对绝缘子固定螺栓加装绝缘帽,加强不良天气动车组调车组织等措施,对减少不良天气闪络放电故障起到了一定的效果,但未从根本上解决闪络问题的发生。2011年冬季,上海等铁路局配属的CRH1型动车组(带接地变压器)在雾霜天气没有发生车顶绝缘子闪络故障,接地变压器(作用原理详见文献[1])在抑制高压闪络放电的关联性应予以关注。鉴于高压闪络故障的防治,涉及设计、技术和管理层面,各级运输主管部门、科研机构和运用单位还需进一步紧密协作,采取有效措施,最大限度地消除雨、雪、霜、雾不良天气对高压供电系统造成的影响,使新一代动车组能够全天候正常运行。

参考文献:

- [1] 张庆华,赵晓明. 动车组运用检修中接触网接地放电烧损故障分析及改进措施[J]. 电力机车与城轨车辆, 2010(4).
- [2] 赵晓明,张庆华,马臣琦. 天气因素对动车组运行影响分析[J]. 机车电传动, 2011(1).
- [3] 蒋春林,史凤玲. 对电力机车车顶绝缘闪络的分析[J]. 机车电传动, 2003(6).
- [4] 张秀敏,张晓东. 高压户外复合绝缘子外绝缘材料的研究与应用进展[J]. 绝缘材料, 2006(1).
- [5] 张曙光. CRH2型动车组[M]. 北京: 中国铁道出版社, 2009.
- [6] 张曙光. CRH5型动车组[M]. 北京: 中国铁道出版社, 2009.
- [7] 北京交通大学. 动车组供电牵引系统及设备[M]. 北京: 铁道部运输局, 北京交通大学, 2009.

