

运用检修

TBV1-25型高压电压互感器
检修维护及改造

曾佑恒, 李长荣

(重庆机务段, 重庆 400052)

摘 要: 针对电力机车使用的高压电压互感器特别是TBV1-25型的典型案例的分析, 描述了机务段检修维护特别的防范措施, 根据交直流机车混用的新情况, 提出了对TBV1-25型等高压电压互感器的改造方案。

关键词: SS7C型电力机车; HXD1C机车; 高压电压互感器; 检修维护; 改造

中图分类号: U269.6

文献标识码: B

文章编号: 1000-128X(2012)01-0078-04

1 问题的提出

油浸式TBV1-25型高压电压互感器(图1)在“韶山型”系列电力机车累计装车1万台以上, HXD1C机车也是安装的同型号的TBV1-25型高压电压互感器。高压电压互感器用于提供和监测机车网压、零压(欠压)保护、电度表电压信号、相控整流触发同步信号等, 在机车升弓后, 高压电压互感器就接入25 kV工频交流电压开始工作。HXD3C机车安装的JDZX18-25(C)型高压电压互感器为全密封型干式高压电压互感器; 蓝箭号动车组安装的UKH36型高压电压互感器为全密封型干式高压电压互感器(法国ALSTOM公司制造)。

当TBV1-25型高压电压互感器因内部一次侧绕组发生匝间击穿、短路和接地等故障时, 将会引发接触网顶电、变电所跳闸, 严重时还会导致因大电流烧断接触网等行车事故; 同时, 其故障绕组严重过流、发热, 引起高压电压互感器内油的化学反应, 将析出氢气和烷烃类可燃性气体, 使互感器内变压器油的理化分析和气相色谱分析相关指标超限, 造成油箱内气体压力急剧升高引发的安全阀动作、喷油、器身爆裂, 可燃气体和汽化的油喷出并爆燃, 容易导致机车火灾事

收稿日期: 2011-11-28

故。对于SS7C 0142以上编号的三段桥相控电力机车, 当TBV1-25型高压电压互感器因内部二次侧绕组发生开路或者二次侧绕组引出线断线后, 机车会失去相控整流触发同步信号, 使机车发生无流无压故障。

UKH36型、JDZX18-25(C)等型干式高压电压互感器也出现了因内部一次侧绕组发生匝间击穿、短路和接地等故障时, 引起器身过热、炸裂、烧损, 加上UKH36型、JDZX18-25(C)型高压电压互感器安装在车内, 还存在造成人身伤害的隐患。

近年来无论是韶山型系列电力机车使用的油浸式TBV1-25型高压电压互感器, 还是新造的和谐型大功率交流传动电力机车使用的油浸式TBV1-25型高压电压互感器, 或者是新造的和谐型大功率交流传动电力机车使用的干式JDZX18-25(C)型高压电压互感器都陆续发生因匝间击穿、短路和接地故障引发的机破、D21事故甚至烧断接触网C类事故, 而且发生的数量有大幅度上升的趋势。电力机车的高压电压互感器的运行安全性越来越成为影响电气化铁路安全运输的重要因素, 迫切需要从运用维护、设计制造、技术创新多个层面下大力气研究探索。

2 典型故障示例及原因分析

2.1 典型故障示例

故障示例1:

2008年8月16日, SS7C0142机车牵引K201次列车运行至川黔线处时, 列车22:29赶到水南站1道停车后, 值乘司机下车检查走行部, 查看车顶时发现机车高压电压互感器在冒烟。请求接触网停电后, 值乘司机上车顶检查发现高压电压互感器周围严重喷油, 器身异常发热。拆除互感器软连线后, 升弓机车无网压和同步信号, 机车进级无流无压, 机车不能正常牵引列车, 只能向列车供电。该机车于2005年7月20日新造, 未经过轻大修, 新造后走行756 209 km。

故障示例2:

2011年1月31日, SS7C0076机车担当K9520次旅客列车本务牵引, 单司机值乘, 运行至遂成上行线大英东至积金南间K48+200 m处, 因机车车顶高压电压互感器绕组匝间短路接地, 致使机车零压动作、主断路器跳闸, 同时引起接触网跳闸顶电, 司机降弓维持进大英东站停车。由于单司机值乘, 再加上司机仅仅在车下观察车顶状况而未主动申请停电上车顶确认机车车顶设备状态是否良好的情况下盲目换前弓升弓试验, 导致烧断接触网构成C类事故, 中断行车2.4 h。该机车2002年3月23日新造, 机车经过了轻大修, 机车新造后走行公里1 993 939 km, 发生问题的高压电压互感器轻大修后走行公里仅为169 802 km。

故障示例3:

2008年12月8日, SS7C0145机车牵引1061次旅客列

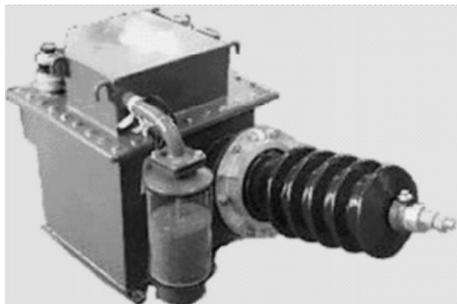


图1 TBV1-25型高压电压互感器

车运行至重庆北至唐家沱间,发现机车“零压”灯亮,网压表PV1、PV2无输入信号显示无网压,微机屏IDU显示、架欠压。切除零压保护,零压灯仍未熄灭,进级机车无流无压。经过对LCU、微机柜进行倒组、复位,检查机车各进级准备回路,故障仍然未消除,于是只能请求救援、更换机车。该机车2005年7月23日新造,未经过轻大修,新造后走行公里846 592 km。

故障示例4:

2011年11月15日,HXD1C6007机车担当襄渝线89228次货物列车本务牵引任务,在安康东站出现IDU网压表、机械表网压无显示,受电弓自动降下。请求接触网停电后,机车乘务员上车顶检查发现高压电压互感器周围喷射有大量油渍,互感器外壳严重变形,油爆压力释放阀已经动作、指示杆弹出。该车2009年12月21日新造,新造后走行公里445 936 km,2011年10月19日半年检时,对高压电压互感器变压器油气相色谱化验合格,修竣运用25天,走行公里也仅仅18 035 km。

故障示例5:

2011年10月18日,HXD3C0359机车担任渝怀线K835次旅客列车本务牵引,在秀山站发现网压表无网压显示,受电弓自动降下,经检查发现机车高压室内JDZX18-25(C)型高压电压互感器炸裂,机车无法正常运行。该车2011年6月20日新造,新造后走行公里62 315 km。故障图片如图2。



图2 JDZX18-25(C)型高压电压互感器炸裂图

2.2 故障原因分析

2.2.1 对故障示例1和故障示例2原因分析

针对示例1的SS7c0142机车故障下车的高压电压互感器进行开盖检查,内部各连接螺栓紧固状况良好,绝缘包扎外观正常,变压器油变色,有一股刺鼻的绝缘损坏的异味(从线圈内部发出),手摸线圈发烫,测量一次侧绕组阻值降低为3 900(在环境温度20℃,正常为9 260Ω)。分析为高压电压互感器线圈内部局部匝间击穿,升弓通电之后,25 kV高压电进入了匝间击穿的高压电压互感器线圈,使线圈急剧发热,变压器油立即升温、膨胀,于是就从互感器吸湿器下部呈雾状喷出,外观即可看到高压电压互感器冒烟。切除机车高压电压互感器(TV1)后,无网压,同步信号进入机

车微机柜,导致机车无流无压,I、II端司机室网压表也无网压显示。针对示例2的SS7c00076机车故障下车的高压电压互感器检查,发现二次侧绕组阻值符合要求,一次侧绕组已烧损开路。由于高压互感器一次侧绕组已经接地,当乘务员换弓再次升弓后引起接触网接地、顶电,同时强大的接地短路电流瞬间烧断接触网。故障示例1和故障示例2可以归纳为TBY1-25型高压电压互感器内部一次侧绕组匝间短路、击穿、接地故障,引起互感器喷油、变电所跳闸、接触网断电等事故。

2.2.2 对故障示例3的原因分析

针对示例3的SS7c0145机车检查,发现高压电压互感器二次侧引出线101线从线头压接处断线,于是网压信号100、101不能送入车内,机车I、II架移相同步变压器(TC1、TC2)就无同步信号进入机车微机柜,机车微机柜封锁脉冲,导致机车无流无压;同时,I、II端司机室网压表(PV1、PV2)也无接触网电压显示,导致机车不能正常运行。故障示例3可以归纳为SS7c三段桥相控机车,当TBY1-25型高压电压互感器因二次侧绕组引出线断线后,机车TPW25型微机柜失去相控整流触发同步信号,造成机车无流无压故障。

2.2.3 对故障示例4的原因分析

针对示例4的HXD1C6007机车的高压电压互感器检查发现,故障现象及其原因与故障示例2相同,也是由线圈匝间短路烧损引起。产品生产时漆包线外漆膜存在缺陷,虽然在成品试验时进行了感应耐压等试验,因为产品设计的层间、匝间电压较低,试验电压未达到击穿程度,产品出厂运行后,一次绕组存在的缺陷处发生了匝间短路,使产品局部形成较小的匝间过电流现象,随着时间延长短路现象进一步扩大,短路电流会急剧加大,产生大量热量积累从而使产品绝缘崩溃击穿。但与故障示例1和故障示例2所不同的是TBY1-25型高压电压互感器安装在HXD1C机车上,新造后走行公里不足直流机车的一个中修期,气相色谱油样化验合格后运用25天,走行公里也仅仅1.8万km。

2.2.4 对故障示例5的原因分析

针对示例5的HXD3C0359机车JDZX18-25(C)型全密封型的干式高压电压互感器检查发现,内部绕组匝间短路、击穿发生炸裂。新造运用后走行公里仅仅6.2万km。故障示例5可以归纳为干式高压电压互感器内部绕组匝间短路、击穿引起互感器炸裂故障。

3 检修维护特别的防范措施

鉴于实施的既有的段修规程以及检修范围、检修工艺、使用维护不能有效地防范故障的发生,必须采取特别的对策措施以防止和减少高压电压互感器引发的恶性事故,重庆机务段自2011年2月以来采取以下的对策措施。

1) 将TBY1-25型高压电压互感器纳入寿命管理

建议把TBY1-25型高压电压互感器纳入寿命管理,并在SS7C机车大修、轻大修时,大修厂家对高压电压互感器换新。修改高压电压互感器的质量保证期,明确其质量保证期应该与牵引变压器同等要求,而不能简单地按照其他部件对待。

对高压电压互感器比照机车履历簿的重要部件管理,建立专帐,完整记载新造、大修以及段修规定的技术参数,公布每台车使用的型号、厂家、新造和大修的年月,实施精细化的高压互感器管、用、修。

2)对配属机车的TBY1-25型高压电压互感器开展一次普查整治

对所有电力机车高压电压互感器压力释放阀、吸湿硅胶罐及安装支管、油位、箱体及连线等进行一次记名检查、整治;同时对机车高压电压互感器油样进行一次理化分析和色谱分析,对互感器绕组直流冷态电阻和对地绝缘进行测量。

对前期检测、化验、色谱分析的数据要结合普查结果进行对比分析,发现有问题的机车,及时更新处理;对部分检测指标不达标必须对比上次检测数据分析并全面的检查,尤其对吸湿硅、漏油、浸油现象加强检查处理,及时消除隐患;对气象色谱分析出指标异常的疑似高压电压互感器,暂不做更新处理的要加强盯控。

对于高压电压互感器的耐压试验,对不下车的高压电压互感器由整备车间采取在接触网升弓检测方式进行,记录所显示的网压,数据有异常必须采取与其他机车比较以及核实供电段变电所输出网压;对下车的高压电压互感器按照段修工艺进行耐压试验。

3)加强TBY1-25型高压电压互感器段修及备品管理

在执行小修(含1年检)及以上修程时,对高压电压互感器进行对地绝缘检测,一、二次侧直流电阻值检测以及油样化验及色谱分析;对高压电压互感器释放阀开展校验探索试验,校验条件具备时,直流机车应纳入中修修程,HXD1C机车应纳入1年检修程。

严格监督互换上车的TBY1-25型高压电压互感器。对于无新造时间的修复品严禁上车,对大修机车或送外大修的高压电压互感器因故落下后未经吊器身检查禁止装车。

审查、评估高压电压互感器新造以及大修厂家资质完整资料,换新时严禁擅自变更对应关系,相关职能科室、部门严格高压电压互感器上车监督检查和把关。

4)制定注意事项

机车运行中,遇总风风压不足时,禁止升弓。发生主断路器跳闸时,主台有故障显示,按照故障显示检查处理。

机车运行中,遇主断路器跳闸,SS系列机车“零压”

灯亮,HXD系列无网压显示,主台无其他故障显示时的办法:司机确认接触网异常晃动时,应立即降弓停车,按照弓网事故处理程序进行处理。司机发现车顶有异响、剧烈放电、高压电压互感器喷油、着火时,应立即采取降弓停车措施。严禁换弓,盲目维持运行。

无上述情况时,司机应与列车调度员联系确认接触网是否停电,是否为执乘机车引起顶电。a.如确认为执乘机车引起的顶电,司机应立即降弓断电,采取停车措施。必须上车顶检查确认车顶设备绝缘状态,确认受电弓、瓷瓶、高压电压互感器等设备状态是否良好后,方可升弓合闸。b.如确认接触网未停电、本车未顶电时,可重新合闸一次,合闸后恢复正常,可继续维持运行。

5)切实开展教育培训

将段配属及支配机车中装有TBY1-25型高压电压互感器的情况、构造原理、故障现象等进行补强培训。

制作TBY1-25型高压电压互感器简明结构原理图(见图3)及资料卡,下发给每位乘务员。

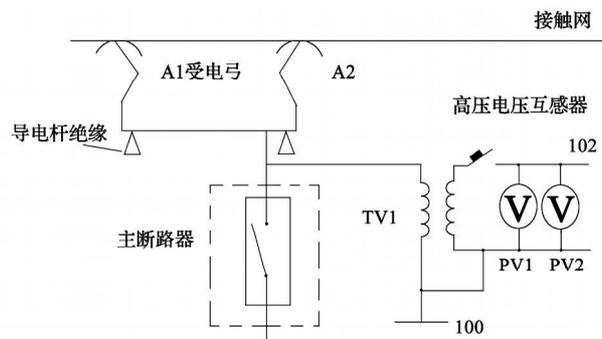


图3 TBY1-25型高压电压互感器在机车电路中的联接原理图

对检修、整备、化验人员进行强化培训,使其明白TBY1-25型高压电压互感器设计制造缺陷,增强安全意识,要求其采取必要的检查、检测手段以消除事故隐患,有效防范事故的发生。

教育培训必须做到人人过关,并将其内容纳入提案中,培训不合格的人员不得上岗。

6)加强TBY1-25型高压电压互感器二次侧引出连线整治

对机车高压电压互感器引出连线的普查,检查其连线若有断股、老化、腐蚀、线头压紧不规范等现象时,要更新处理。将高压电压互感器引出连线用绑匝带固定,避免其长期甩动使引出连线容易发生断裂。

当机车进入辅修、小修、中修以及整修作业时,要求各车间必须检查高压电压互感器的引出线的连接及绑匝带固定情况,加强高压互感器引出线接线状态的检查,以及其他重要电气线路接线状态的检查,对存在的不良处所,“虚、松、断、破”接线隐患,进行处理。机车进入小修以上作业时,需要检测高压电压互感器对地绝缘及直流电阻值。

在牵引变压器侧接线端子排中的“高压互感器

100YS#引线”未进行接地连接的机车,立即在该端子排和牵引变压器壳体间加装接地线,以保证100YS#可靠接地。

对于SS7c0142以上的三段桥相控机车,从车顶高压互感器引出线101#、100#分别增布1根线至车内牵引变压器处的接线端子,使101#、100#线布成双线,增加101#、100#线相控整流触发同步信号的可靠性。

重庆机务段通过实施针对TBY1-25型高压电压互感器检修维护特别的防范措施,对SS7c和HXD1C机车互感器油色谱分析存在问题的重点监控共36台,预防性地落修了互感器12台。截至2011年11月,重庆机务段的SS7c型机车的TBY1-25型高压电压互感器的一次绕组击穿、喷油、冒烟等途中故障件数为0件,恶性的接触网顶电、断网事故得到了成功的杜绝。HXD1C机车的TBY1-25型高压电压互感器的途中故障也得到了有效的控制,故障件数同期比较下降了80%。

4 TBY1-25型高压电压互感器的改造方案

4.1 改造要点

对车顶TBY1-25型高压电压互感器的网侧25 kV工频交流电压引入软连线进行改造后,当高压电压互感器因内部绕组匝间击穿、接地等引发电网过流故障时,改造后的高压电压互感器专用保险或者2.5 mm²机车专用阻燃线率先自然熔断,起到保险丝的作用,不至于因机车乘务员误升弓导致烧断接触网而构成C类事故。同时,加装二次侧低压变压器,在高压电压互感器故障切除后,提供应急的机车网压信号、零压(欠压)保护信号、电度表电压信号、相控整流触发同步信号等,维持机车正常运行,确保铁路运输的安全畅通。

4.2 改造基本方案

1) TBY1-25型高压电压互感器的一次侧软连线的改造

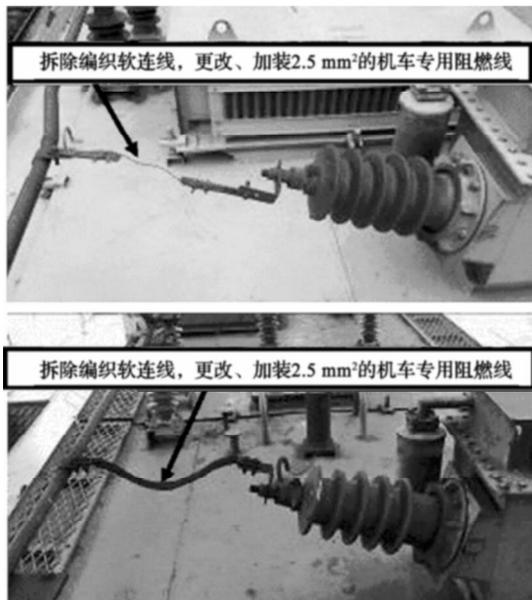


图4 一次侧软连线的改造图

拆除现有电力机车车顶导电杆与TBY1-25型高压电压互感器网压引入的编织软连线。在原导电杆与TBY1-25型高压电压互感器的A抽头之间分别安装连接铜排,使铜排间隔距离150 mm。使用专用保险或2.5 mm²的机车专用阻燃线,将导电杆与TBY1-25型高压电压互感器的A抽头之间的新增铜排进行可靠连接,见图4。

2) 加装二次侧低压同步变压器

加装一个隔离开关SA-D和AC 220 V:100 V/10 V的低压同步变压器DTB。

低压同步变压器DTB的一次侧通过隔离开关SA-D的“故”位接点,连接机车牵引变压器的辅助绕组抽头(AC 220 V);二次侧输出AC 100 V接网压表、电度表、相控整流触发同步信号,二次侧输出AC 10 V接微机柜的原端网压信号。

5 对新型机车高压电压互感器设计制造的建议

建议开发出新产品以取代直流车沿用至今的TBY1-25型高压电压互感器,研发中不宜简单借用以往的技术标准,特别是要充分考虑大功率交流机车大量在线运行出现高次谐波干扰、车网谐振等新情况造成的接触网品质恶化等环境因素的变化。

建议增加高压电压互感器的故障显示、预警功能,在机车运行中高压电压互感器发生故障时,能够及时提醒乘务员,防止机车乘务员误操作而扩大事故。

增加故障发生后同步信号的选择故障切换应急功能。

6 结语

按照上述机务段检修维护的特别防范措施,并迅速对一次侧软连线的实施改造,能够最大限度地使TBY1-25型高压电压互感器质量处于可控状态,有效地降低高压电压互感器故障后的行车事故等级,避免发生火灾隐患,有效防范烧断接触网C类以上的恶性行车事故。一次侧软连线的实施改造方案对于其他HXD系列机车的使用及JDZX18-25(C)干式高压电压互感器的维护也有借鉴意义。

参考文献:

- [1] 南车株洲电力机车研究所有限公司. 7 200 kW HXD1C交流传动电力机车高压设备[M]. 株洲: 南车株洲电力机车研究所有限公司, 2009.
- [2] 南车株洲电力机车有限公司. HXD1C电力机车电路原理图[M]. 株洲: 南车株洲电力机车研究所有限公司, 2009.
- [3] 杨永林. 韶山7c型系电力机车[M]. 北京: 中国铁道出版社, 2007.
- [4] 北车大连机车车辆有限公司. HXD3C交流传动电力机车检修维护手册[M]. 大连: 北车大连机车车辆有限公司, 2011.