

配电所高压柜电压互感器损坏原因分析及整改措施

李 杰 吴诗雄

国网汉川市供电公司 湖北 汉川 432300

摘 要：电力配电设备向交通体系内除牵引供电设备以外的所有其他设备提供了安全、有效的电力，这种设施一般涉及通讯、信息、列车、客户服务中心及其各种与运输工作密不可分的部门。所以，它的工作情况也直接影响着整个电力配电网的安全与稳定性问题。并针对此类电源装置中以及供电系统中的采用架空接线方式的电路、在高压中性点上直接接地等的低电压连接方法，以及高压电压互感器本身参数等方面所存在的主要问题，并提出了有关意见与对策。

关键词：配电所；中性点接地系统；电压互感器；谐振

1 系统概况

京沪高速正线长度为1318km，其动力系统全线共有24个动力配电所、49个低压站屋变电所、512个箱式变电所，10个kV线路或架空线路长度总共为9500km。

电力系统的最大供电压力一般在10kV，其结构基础通

常包括供电线路、动力供电所、箱式变电所、机车站舍变电所系统、列车信号变电所系统、牵引供电系统等组成的十个信号kV体系，以及贯穿整个的架空层的系统。电力系统主接线图见图1。

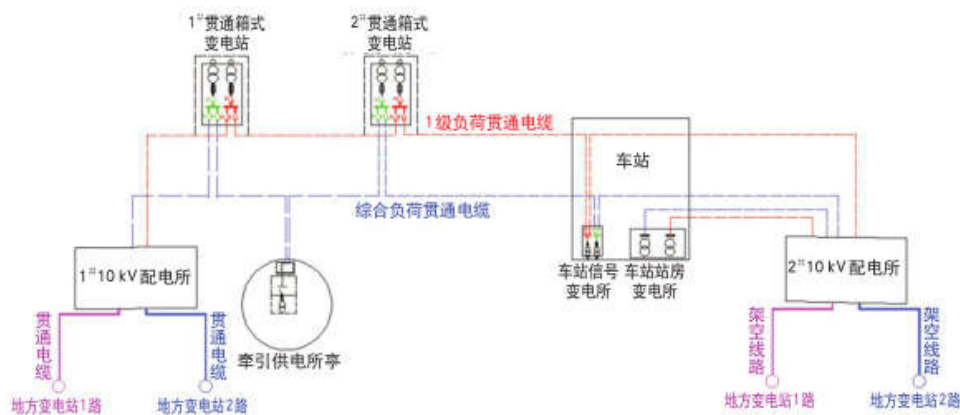


图1 10kV 电力系统结构示意图

外供电线路：一般采用电力电缆或架空电缆，以二者相结合的方式从供电系统中提取电能，然后通过与电力配电系统所汇流、调压方式和供电设备，以直接供给铁路系统的10kV以外供电设备^[1]。

供电价格所：主要从供电的外部电能网中获取电力，部分则由供电所直接供应车站的设备用房变电所、道岔融雪箱式变电所和保养节点箱式变电所及其他重要电力设施；另一种由供电系的线路内调压方式系统和大电流连通点路的并联式在母线上的并联电抗器组成，提供了符合规范的电力供应，给区间箱式变电所、车站内的变电所系统，以及牵引供电中的10kV分kV系的最大供电压力。

车站站房变电所：将从供电所的供电中获取的电力，再与10kV变压器交换电流后，为站房供应220V或

280.10V的供电，保障了通讯、信息、客服、空调等的供电系统，并可以按照负载的巨大情况分成三个级别，使用不同的级别来提高供电的设备回路数量并提高优先级，这样确保了整个供电系统的顺畅与合理。

车站通信大型变电站装置和箱式变电所：两种装置就其实质功能和布置原理上来看是相同的，都是先从电力价格所和贯通电缆或架空层式线路中取直流电，然后再经10kV变压器设备转化为电流，并通过从220多V至380V的电源供给于区间，盒型通信机械室、列车到站的通信机械室、警务站所和重要处所值守岗亭，另外还有其他的低压电源装置^[2]。

牵引供电中的10个kV供电系统：在供电设备站中试验得到的10个kV供电，均采用了将牵引供电所亭内的10个kV交流变压器转换的供电方法，将电能直接供给牵引供

电所亭的交流屏,与现有牵引供电中的27.5kV变压器的低压供电方法配套使用,构成互备机制,这样就极大地增强了牵引供电系统的安全性和稳定性。

2 故障情况

案例:2016年2月28日,京沪高速静海配电站架空线的二号进线保护装置零序超压报警,且长期无修复。有关技术人员赶到事故现场时看到,架空式的2号进线直流电压互感器的B相有严重灼伤迹象(图2)。景海供电所的供电系统进线方式采用架空层接线,供电系统为中性点电压不接触的方式,气候条件为大风天。



图2 电压互感器烧伤图

3 故障分析

3.1 案例 1

从其录波的曲线图上我们可以知道,由于当架空式线路的一路进线和馈线同时供电时,A、B、C的三个相供电会在相当时间内电压角度为同月相,所以,产生的变压器的低压侧三个相供电压差为最小,从而降低了相应的保护装置失压整定值,并由此产生了相应的馈电断路器和电抗器断路器跳闸现象^[3]。

电源进线电压互感器测试的变比,并且该系统进线的正常相电压值为5.77kV。可以发现,进线的电压最大值在B相,负载值约为134.550V,远超过了其正常电压额定值的百分之133。但是,因为进网安全保护器中并不含有过电压保护器,所以故障时间还将延续很多年,所以,长期的过电压会造成B相直流电压互感器绝缘击穿而损坏^[4]。

3.2 案例 1

如:景海供电所问题,和例子一东光供电所的问题十分相似,其区别在于问题是基于架空线路二的电力变化,而形成的严重后果。保护装置中所表示的是架空线二路A相直接接地,导致了安全保护器的零序过压告警,同时其进出线各相相电压差也大幅增加,并因此产生过电压导致B相的进出线电压互感器绝缘击穿并断开,并由此与B相电压互感器处产生了金属性的长期接触。

3.3 调查及分析

基于上述情况的一些共同点:①电源系统入线的架构方法多采取架空电缆方法,而接收地治疗电系统中的

结构方式则采用中性点不接地系统,因此该方法易受外部条件干预的限制;②而故障也是由进线零序过压告警方式开始的;③事故也导致了电压互感器断裂;④事故多发的时段多在冬季,并且天气情况都相当恶劣。

架空电线在不良气候的作用下,容易受到空气的扰动与冲击。供电系统为满足这种架设方式的要求,通常使用中性点不接地系统,以确保在架空线某相出现单相接地后,仍可确保无事故相正常供电2~3h,从而尽可能缩小事故的范围。而因为进线路故障而引起的大电流谐振,则将使进线电压的急剧增加,有可能导致零点五绝缘形式的电压互感器断裂,进而产生永久金属性接地。

架空式导线的所有电源线路的电压谐振问题,其实都是电磁型电流互感器的铁磁谐振问题,而铁磁谐振的前提是:在①系统的中性点直接接地内部没有接地电路;在②的非线性电感器片和电容器件内部存在LC振荡电路;③LC对振荡电路系统的影响范围应相对较小;④要考虑以特定的特殊情况出现为主要原因,如系统内一定流量的或电流量的变种状况,如系统的开关动作或系统中的电缆瞬间连接、瞬间短接和长时间内单相接地等。

3.4 结论

电磁式电压互感器的铁磁谐振现象发生时,往往导致其自身燃烧、自爆等异常情况的发生,其根源是由于激励过程中产生了大量的类似电感、电容和电阻等这样的阻抗元素,如电压互感器、变压器、调压器、组合电抗器等这样的电感器件,还有电容、线路对地电容器这样的电容等效元件,而这些元素就会形成LC振荡电源回路。

在一般的正常运行情况下时,在供电系统中并不会产生剧烈的LC震荡情况,但是一旦系统在供电中出现了问题或者因为某种原因,而使得整个控制系统的参数出现了改变之后,就极有可能形成了严重LC震荡。例如在中性点供电或接地情况较严重的情况下,当出现单相接地问题时,如电力变压器或调压机的和地相间导线、电压互感器以及和线路相连接的对地电容器等,就有机会产生LC振荡电路,并产生电流谐振现象。

此系统谐振,通常导致工作时间较长的系统短路。电压互感器在正常的工作电压下,在一般情况下铁芯磁通密度都非常好,也没有产生磁饱和作用,但是在短路情形下铁棍心电流密度就会严重饱和,等效电子的感应值也将迅速减小,当满足LC的振荡要求时,将会和并联电容器形成谐振,即为铁磁谐振。

在实际工作中开口三角的最大额定值通常为10~15V。如在供电系统中如果出现单相接地故障后,开口的三角形最大额定值U零会急剧增大,达到了

30~120V, 在系统工作中, 就可以造成了电磁式电压互感器内产生了很大的谐波失真传动量, 从而造成了电磁式电压互感器的内圆电通严重饱和, 从而导致二次侧的波浪形的失真现象, 当畸变校正能量足够大时, 将可能产生铁磁谐振, 这样就有机会损坏了电磁式电压互感器, 进而导致的扩大性。

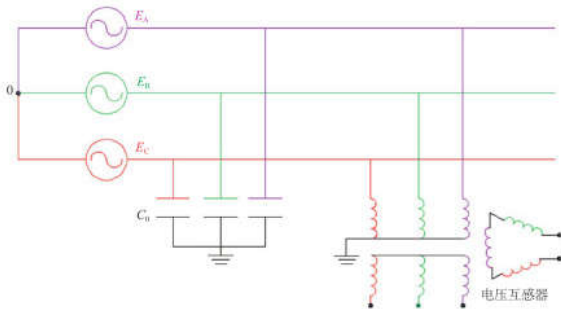


图3 电力系统架空线路等效电路示意图

4 应对措施

现代供电系统中的电压谐振现象, 主要是因为电磁式电压互感器的铁磁谐振而造成的, 所以, 怎样减少或尽量避免电磁式电压互感器的铁磁谐振, 是处理此现象的关键所在。避免了铁磁谐振的发生, 而通过直接改变自来水系统电气等效系数来看, 就可以直接破坏了在LC振荡电路中发生铁磁谐振的所需要参数对应关系, 这就能够在很大程度上避免了由于电磁式电流互感器而引起的电饱和, 从而降低了铁磁谐振现象产生的可能性^[5]。

4.1 改变相关电气参数

(1)安装专用的微机维护装置并附加适当的维护功能。在供电系统中出现单相接地问题时, 为了最大程度的破坏电磁式电流互感器的谐振条件, 可以利用微机安全保护器来完成以下作用: 由微机安全保护器采集系统的电能信息, 包括电压、流量、阻抗角等, 当安全保护器在供电系统中发现了电流的LC振荡现象, 将使电磁式电流互感器的开口和三角形导线之间进行短路, 并使用制音电流短接; 当保护装置在系统谐振电流消除时, 发送指令, 切断短接开关, 从而使电磁式电流互感器恢复工作状态。

(2)设备内要尽量相对的安装电容器。利用在电路上并联有电容、电阻和电感这样的电路单位, 从而破坏或增加了由谐振产生的环境参数, 进而导致谐振产生的几率减小。

4.2 消耗谐振能量

在电磁式电压互感器开口三角形中, 并联的制音电流。在系统中仍处在正常工作情况下, 在电磁式电压互感器的二侧开口三角形的绕组二端, 在正常运行理论上都没有相应的输出电压发生, 或仅有很小的电流出现。但是, 一旦当在控制系统中发生有单相故障时的短接地问题, 又或者其他不对称液压缸中的调节装置失灵时, 即因为由于在电磁式电压互感器开口三角线圈的二端均接有制音的信号, 而且因此阻尼电流阻值很小, 开口三角绕组线圈两端也近似于短接, 因此产生了改善电磁式电压互感器内部阻抗谐振参数的效果, 既可避免电磁式电压互感器内部产生的磁场饱和, 从而避免在系统内部形成谐振过电压。

4.3 增设过电压保护

重新设计的保护装置配置。可在架空线路的进线安全保护器中设有过电压保护器, 使其整定值为一点五倍的系统单相电压, 重合闸改进措施单相。当其电流上升至系统的整定值时, 则断开进的剩余电流断路器^[6]。

结语

在交通公路中, 对供电采用线路架空的形式和中性点不接地系统也是一贯的做法, 实质上是为了增强整个供电系统对抗安全威胁的能力, 从而增加了整个供电系统的安全性。但是由于目前交通的运营里程超过2.2万km, 而电力电缆的运用不仅仅从安全性角度考虑更是安全问题方面考量, 一旦按照现有先进的方法, 将会导致许多新的情况发生, 所以, 较好的统计与总结使用中发生的各类情况, 对我国高速路制定相关的技术标准具有十分关键的作用。

参考文献

- [1] 中国铁路总公司. 高速铁路电力供电技术[M]. 北京: 中国铁道出版社, 2014.
- [2] 于景丰, 赵锋. 电力电缆实用技术[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2003.
- [3] 雍静. 供配电系统[M]. 北京: 机械工业出版社, 2003.
- [4] 翟纯玉, 唐志勇, 张本川. 铁路电力自动化技术[M]. 北京: 中国铁道出版社, 2006.
- [5] 吕鲜艳. 35 kV系统铁磁谐振过电压的分析与抑制[D]. 北京: 华北电力大学, 2008.
- [6] GB 50150-2016 电气装置安装工程电气设备交接试验标准[S].