

「开关设备」

10 kV开关柜常见故障及预防措施

文/上海南华兰陵电气有限公司 孙 乾

10 kV开关柜作为配网的重要设备之一，一旦发生故障将严重影响电网运行的可靠性和安全性。分析了10 kV开关柜常见故障并介绍了相关的预防措施。

开关柜保证了电力系统运行的可靠性和安全性，当线路出现故障时能够及时断开连接的设备，而且保证相关操作人员和设备的安全。虽然随着技术的不断进步10 kV开关柜的质量和可靠性得到了大幅度提高，但依然会发生故障。对10 kV开关柜常见故障及预防措施进行了分析探讨。

10 kV开关柜常见故障分析

1. 开关柜电气元件故障

避雷器、电压互感器和带电显示器等开关柜里的电气元件在长时间的运行过程中会出现故障。由于开关柜的工作运行环境相对比较差并且自身质量存在着一定问题，带电显示器发生故障的概率比较大，所以很多开关柜上的带电显示器无法正常显示。避雷器由于密封性问题、瓷套的污染问题和阀片老化等问题的影响会出现运行故障。当避雷器的密封性出现问题时，空气中的潮气会进入到避雷器的内部从而使得避雷器的内部绝缘出现损坏，进而使得阀片的性能出现老化。瓷套的污染会使得电阻片上的电压分布不均，从而使得电阻片的老化加速。一般而言，导致电压互感器出现故障的原因有很多，比如设备的安装调试问题、铁磁谐振过电压、二次侧短路问题和互感器的自身质量问题等。

2. 开关柜机械传动操作机构故障

操作机构弯曲变形、传动销断裂、连杆拉断以及拐臂断裂等是10 kV开关柜机械传动操作机构故障的主要表现形式。这些故障不仅会造成连杆脱落引起相间的短路跳闸和单相接地事故；在严重情况下还会使开关机构操作不灵，导致开关的

拒合、拒分。

3. 开关柜发热故障

开关柜在正常的工作过程中也会发热，但是当出现开关柜过热或者是导线线路发热的现象时开关柜就出现了发热故障。开关柜的发热主要来自于相关的导电回路，发热的形式主要是接头发热、涡流发热和导体发热等。一般而言，导体热量散出和释放的主要表现形式为导电回路发热与散热两方面，当导电回路发热大于散热时，高压开关柜温度就会上升，上升后的温度达到甚至超过额定温升时，开关柜就会产生局部过热的现象，进而造成严重的事故。电阻与发热功率之间的计算公式为

$$Q=I^2R \quad (1)$$

从式（1）可以看出，当电阻 R 越大时，发热功率 Q 也会越大，即线路生成的热量也就愈多。在开关柜的制造过程中，相关制造厂商为了降低生产成本在保证符合相关设计要求的情况下，都会选择横截面积较小的导线。横截面积越小的导线其导线的电阻越大。因此，一旦导线的电阻率过高时开关柜在工作过程就会出现局部过热故障。另外，从式（1）可知，发热功率 Q 和电流的平方成正比，开关柜正常工作时导线中流过的电流较小，一旦运行出现问题导线的电流过大时，开关柜就会出现发热或者是过热故障。开关柜的发热故障分为导体发热和导电回路过热两种情况。

1) 导体发热。导体发热主要出现在开关柜内的一些主母线中，在主母线工作时，负荷电流越大，主母线的发热量就越大，一旦达到该主母线的临界值，就会产生导体发热的现象。当前，我

国主要采用的是利用铜和铝来制造主母线，但是铜、铝中的杂质含量很高，造成电阻要高于正常的电阻，并且在发热过程中，杂质的存在还会导致热量过度集中，进而使得导体发热现象更易出现，并且开关柜小型化全密封，其内部通风性很差，在运行过程中会发现主母线的柜门温度明显比其他地方要高很多。

2) 导电回路过热。一般而言接头接触不良是导致导电回路过热的主要原因。主变总开关大电流回路中，接触不良会致使热量瞬间骤聚，导致局部回路过热。造成开关柜接头接触不良的原因有很多，比如接线板接口处做工不符合标准，做工粗糙，从而导致出现严重发热的故障。这类故障一般会出现于开关柜的调试过程中。

4. 绝缘性能差

1) 爬距和空气间隙不够。在高压开关柜运行过程中，往往存在爬距和空气间隙不够等的不良现象，它们是导致开关柜绝缘损坏事故发生的根本原因。因此，工作人员应该采取有效措施，以保证绝缘性能强度。另外，开关柜中的设备在工作过程中由于灰尘的积累和受潮，也会导致爬电现象，使得元件的绝缘性能老化。

2) 加工质量差，做工粗糙。开关柜整体耐压水平在很大程度上取决于其加工质量水平和装配的切合度。高压开关柜整体的耐压水平是所有开关柜的耐压率相乘所得，所以检测到开关柜中有些元件能够通过耐压试验，并不能说明开关柜整体都能通过。在螺钉紧固方面，有时由于螺钉出牙长度的没按工艺规定要求，紧固后螺杆出螺母的螺牙远大于规定要求，这就造成绝缘距离的缩短，同时有时还会产生“尖端放电”，甚是危险。另外，一般而言绝缘子头部的绝缘性能比较弱，酚醛环氧玻璃绝缘子的质量很差，这种材料的绝缘性能和国家电力相关绝缘标准差得很远。

5. 开关柜的绝缘故障

10 kV 开关柜有时会发生严重的放电击穿事故，其原因主要是元件的绝缘间隙或者绝缘件的绝缘强度低于外加电压。10 kV 开关柜的绝缘故障类别分为两种，导电部位与绝缘支撑件之间放电和主母线与绝缘套之间发生放电，例如支柱瓷绝缘子的闪络、开关柜导体对地的闪络和导体间的闪络。下面主要分析导电部位与绝缘支撑件之间放电故障。

变压器、开关等柜内设备的导电连接铜排对

相间绝缘档隔板之间会出现局部放电故障。开关柜内导体与绝缘件相对位置如下图所示。

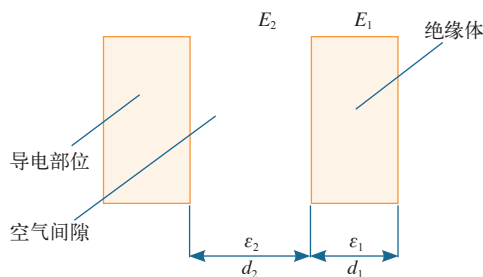


图 开关柜内导体与绝缘件布置简化图

在上图中，绝缘体与气隙中的电场强度分别用 E_1 和 E_2 进行表示，二者的介电常数分别用 ϵ_1 和 ϵ_2 进行表示，因为

$$\frac{E_1}{E_2} \propto \frac{\epsilon_2 d_1}{\epsilon_1 d_2} \quad (2)$$

由上式可知

$$E_2 \propto \frac{\epsilon_2 d_1}{\epsilon_1 d_2} E_1 \quad (3)$$

空气的介电常数 ϵ_1 小于绝缘介质的介电常数 ϵ_2 ，且导体和绝缘体之间的距离 d_2 很小时，则 $E_1 < E_2$ ，从而导致绝缘件与导电部位之间的放电。

另外，污闪是一种重要的绝缘故障形式，在一些工业化水平高的沿海城市，开关柜内的套管和绝缘子等部件随着时间的推移会落下很多的杂质，并且海边的空气湿度和盐度都比较大，很多电气元件难以适应这种高湿度、高盐度和污染较重的环境，很容易出现污闪故障。有的时候导体和绝缘板之间的固定不牢固，开关进行多次动作后会出现松动现象，从而引发间歇性放电有时不会被工作人员注意到。当发生停电故障检查时，会发现绝缘部件表面会变黑放电现象严重，绝缘体因长时间的放电会裂开，从而失去绝缘性能。

10 kV 开关柜常见故障的预防措施

1. 提高设备的绝缘性能

开关柜在工作过程中，要承受一定的工作电压的作用。当开关柜中的相关元件出现问题时，会使其与电网中的运行参数不吻合，从而出现绝缘故障。在开关柜的生产过程中要保证设备绝缘性能的强度符合相关标准，从而尽可能减少绝缘故障的出现。除了保证设备的绝缘性能符合标准，在绝缘体的设计方面，在满足其承受外界强度的同时还要使其能够承受绝缘电压。例如，在

进行生产过程中要选好爬电比距保证系统运行的可靠性。相关标准规定,开关柜中各个绝缘元件的绝缘爬电比距不小于18 mm/kV,有机绝缘的爬电比距应不小于20 mm/kV。

2. 提高开关柜的安装调试水平

10 kV开关柜的运行状况很大程度上取决于安装调试水平。当开关柜的绝缘间隙不符合放电要求、开关手车使用不灵活或者是传动机构有卡涩现象时要及时地联系生产厂家进行相关的处理;当导电回路电流在设计标准下出现发热现象时,可以通过紧固设备连接点、改进接触结构的方式进行解决。在进行相关的调试工作时,操作人员要按照相关的规范进行开关柜的调试和安装工作,从而尽量避免在安装调试过程中导致的故障。因此,在保证开关柜质量的前提下也要提高其安装调试水平。在日常工作过程中,要加强相关安装调试人员的培训工作,定期对调试人员进行考查。只有通过考查测验的调试人员才能进行相关的安装调试工作。

3. 加强对开关柜的运行巡检工作

对于无人值守的变电站,要定期安排相关的工作人员对开关柜的工作状况进行检查,认真做好相应的巡检工作从而及时掌握开关柜的工作状况。工作人员在巡检过程中要认真检查,因为有时一个很小的放电现象都有可能发展为绝缘故障。另外在巡检过程中,一般还要使用红外线测

温仪等相关设备对开关柜的导电回路进行测温操作。当巡视人员发现异常的温升现象时,应当及时向上级部门报告并且转移负荷,避免出现发热故障。从而提高设备过热故障的巡视水平。例如当巡视人员发现主变压器回路存在异常的温升现象时,应当及时向上级部门报告并且转移负荷,避免出现发热故障。

4. 改善开关柜的运行环境

开关柜的绝缘放电、污闪等故障很大程度上由其工作环境恶劣造成的。所以要努力根据环境变化改善开关柜的运行环境,比如在夏季负荷高峰期时,设备的环境温度高,负荷大发热多,要做好通风散热工作防止设备过热,另外要安装除湿设备和空调防止开关柜内的湿度过高;在进行停电检修时相关工作人员要做好开关柜的清扫工防止污闪的出现。

结束语

10 kV开关柜的运行状况对电力系统能否安全可靠的运行具有重要的意义。开关柜故障不仅会加大电网的运行成本,而且会威胁到相关工作人员生命安全。对10 kV开关柜的常见故障进行了分析,同时提出了相关的预防措施以防止开关柜故障发生,从而提高配网运行的安全性和可靠性。EA

(收稿日期:2014.09.05)

(编辑:刘群彦)

(上接第71页)

场强度分布如图6所示。其最大场强为6 kV/m,满足相关要求。

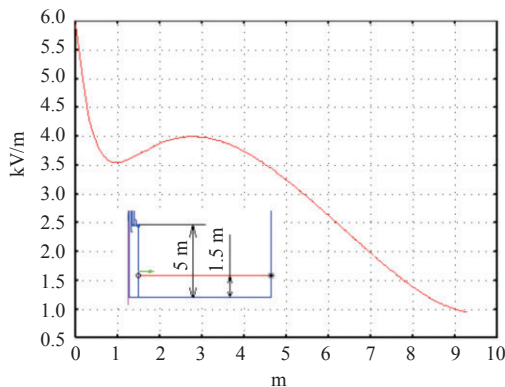


图6 额定运行电压下距地面1.5 m电场强度

550 kV高压套管型式试验验证

优化后的新型550 kV 高压套管在国家高压电

器质量监督检验中心(西安)进行了工频耐受电压、操作冲击耐受电压、雷电冲击耐受电压、无线电干扰等整套绝缘型式试验,顺利通过试验。

结束语

1) 通过电场分析,优化国内成熟的550 kV高压套管双屏蔽结构套管为单屏蔽结构。优化后的结构减少了中间电位屏蔽罩和固定用的相关绝缘件,减少了安装中间电位屏蔽罩的环节,在减少零部件数量的同时提高了其运行可靠性。

2) 优化后的550 kV高压套管在0.4 MPa SF₆最低功能压力下顺利通过了整套绝缘型式试验,满足相关标准的绝缘水平要求。

3) 优化后的550 kV高压套管总成本下降约15%。EA

(收稿日期:2014.09.05)

(编辑:刘群彦)