

电力一次设备状态及检修方法分析

张苛

国网山西省电力公司朔州供电公司

摘要：电网设备维修是保障电网安全运行的重要环节，然而，由于一次设备使用效率较高，这将进一步影响到电力系统的使用寿命与状态，本文对其进行了分析，希望可以为相关工作提供一定的帮助。

关键词：电力一次设备；状态检修；检修技术

【DOI】 10.12252/j.issn.2096-627X.2023.04.072

在当今的社会，没有电力的支撑，人们已经越来越依赖于电力，在人们的生活和工作中，电力的使用都离不开，电力已经充分地渗透到了社会的每一个领域，成了一种重要的能源。电力系统的稳定运行关系到人民的生产和生活，因此，做好电力系统一次设备的状态维修工作是非常重要的。在进行状态检修的过程中，可以对设备的故障进行及时的排除，保证了电力一次设备的安全和稳定的工作，减少了设备的故障率。同时，还可以防止由于故障的发生而影响到供电品质，造成了非计划停电，从而给人民的日常生活造成了很大的不便。

一、电力一次设备状态检修的基本原则

（一）绝缘性原则

在对电力设备所需的绝缘材料进行选用时，应严格按照国家标准进行，这样才能确保其在使用过程中具备优良的物理、化学性能。在对电力一次设备进行维修之前，要保证其在使用时的安全，必须按照有关规范，对其绝缘特性进行检测，才能正确地掌握其绝缘作用。

（二）标准化原则

在对电力一次装置进行状态检修时，必须遵循有关规范程序。由于电网一次设备在运行过程中可能会有带电作业，这就决定了它的特殊性。针对这一情况，企业应该对维修人员进行岗前培训，选拔合适的维修人才，保证他们具备良好的维修知识和技术水平。在对一次设备进行状态检修的时候，也要有专门的技术人员和监工在设备周围，对操作人员的工作进行监督，如果在工作中发现了错误，就应该马上停止维修，避免发生事故。一次设备投入使用之前，必须对其性能、外形等进行综合测试，以保证其稳定可靠地工作，并达到相应的标准及要求。

二、电力一次设备状态检修的具体内容

（一）断路器检修

断路器是电网运行的基本保证，当电网发生异常时，它能及时切断电网，防止设备故障扩散。当断路器发生故障时，会有噪音，发热等症状，其中发热最为明显。在长时间的大电流、高压、高负荷运行下，开关极易受到束流的冲击，使其过早地产生老化现象。当断路器出现故障时，它的作用将失去作用，从而使断路器不

能正常工作。为此，必须对断路器各部位进行定期检修，并进行全面维修。在使用过程中，断路器的触点往往存在着接触不良的情况，这就要求使用监测装置对其进行实时或离线检测，以实现对其故障的实时检测。其中，基于信息系统的在线监测，能够对设备进行电压，电流，温度等信息的测量。

（二）隔离开关检修

为了对绝缘开关进行状态检修，必须运用现代维修手段，对其工作状况进行科学评价，并将所获得的数据与有关参数进行比较，从而实现对其工作状况的精确评估。科技人员应制定一套科学的管理制度，健全绝缘开关的状态评估机制，让开关始终处在可控的状态，这样才能对设备的安全隐患进行及时的检测与辨识，保证电网的安全稳定运行；要想提升在线监控的技术水平，就必须加强对振动的检测，要加强对其状态的监控，要对设备进行全方位的改善，这样才能降低故障的发生率，从而提升其工作效率与质量。

（三）发电机检修

电力系统的正常运转离不开电源装置的支持。发电机长时间工作，在比较苛刻的工作条件下，如果出现故障，将会引发连锁效应，进而对其他设备产生不利的后果，甚至会导致全电网的大面积失效。在对发电机进行维修时，必须将其关断。同时，要将其与正常工作状态下的安全数值进行比较，若有较大的偏离，则表示机组出现了故障，必须立即停车，进行大修。对发电机进行维修是一项非常复杂的工作，必须有完备的检查与评价机制。在生产过程中，要对生产过程中的各种参数进行精确的采集、记录，并按照生产过程中的数据进行定制化，并对关键参数的变化进行分析、总结。当发生异常时，可调用数据库中的数据与之对照，并对有关参数进行分析，从而确定故障的种类和所在。

三、电力一次设备常见故障分析

（一）变压器常见故障

对变压器的常见故障进行分析，将直接影响到电力设备的稳定运行。具体而言，从外观上来看，变压器的常见故障主要有以下几种：一是变压器的渗漏现象；二是变频器连接处的温度过高；三是铁心失效；四是由

于绝缘子的潮湿而引起的失效。由于各种故障与外界环境、设备品质、运行维护等因素有着密切的关系，因此，为了对变压器对电网运行状况的影响进行系统性的研究，需要深入研究变压器对电网运行状况的影响，并对其内部成因进行深入研究，进而提出检修和分解的方法。在对变压器的常见故障进行分析时，可以利用故障树来系统地分析其成因和外部表现。



图1 变压器故障树结构图

进一步分析发现，在不同的响应条件下，建立对应的故障模型，可以实现对变压器故障的判断。在建立了该模型之后，在各种应力情况下，变压器的总体可靠性与其在各种情况下的可靠性密切相关，它是每一种应力下的可靠性的乘积。

$$R = R_{GPV} \times R_{GPC} \times R_{LD} \times R_{CZ} \times R_{DL} \times R_{WD} \times R_{JXF} \times R_{JLX}$$

针对400kV换流变压器铁芯夹件等电位线脱落现象，以500kW变频电源作为实验电源，采用标准的阀侧绕组单端增压励磁方式和网侧绕组中性点接地的接线方式对其进行分段。在测试过程中，被试换流变中性点和铁芯接地，在局放法测试过程中，从电网侧、阀侧套管末屏端子、中性点接地线、铁芯和夹件的接地线得到信号。

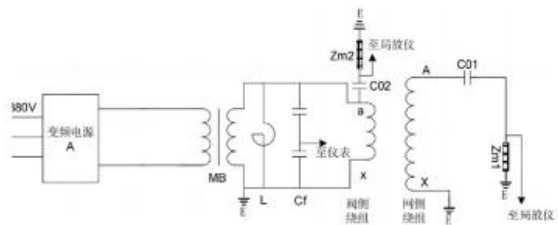


图2 换流变绕组连同套管带有局部放电测量的感应电压试验接线图

增压到1.1Um后，立刻发出一声放电信号，电网侧的最大功率6800pC和阀侧的功率为14400pC，同时，在变压器内听到了异常的声音，立刻将电压降到0。经过二次升压后，局放启动电压不变，变压器内异常噪声也没有发生变化。电网侧、阀侧、中性点、铁芯及夹件等部位的表现放电流均大于300pC，且在变压器内可听到较大的放电声，导致极I低压换流变8121 BA相的局放测试不符合要求。

（二）断路器故障分析

断路器的常见故障有以下几种：密封出现故障；这主要是因为GIS装置背景环境的普遍使用，对气腔密封

件的密封性提出了更高的要求；断路器动作失效主要是指断路器在工作过程中发生误动或制动故障。如果在运行中发生这种故障，将导致分合闸过程中的动作不正常，从而对电网的稳定运行产生更大的影响。这与绝缘元件本身的品质有很大的关系，而且长时间的使用还会使绝缘元件的性能老化；这种故障主要是指触点的电气力损失或者触点烧毁。另外，在综合合闸过程中，由于操作电压的稳定性不够，以及分和间速度没有达到期望的要求，都可能造成更多的故障。

在进一步的研究中，我们需要将它与它的等效电路公式相结合来进行分析。即，当铁心处于未饱和时，分接开关线圈电流i的幅值与电感L的值并不直接关联，因此，等效回路微分器方程为： $U = Ri + d\Psi/dt$ 。

通过该公式的求解，可以进一步判定电压指数是否处于稳态，进而确定高压断路器分合闸区域的特定故障。变电站把开关SF₆气压值实时上传到后台，利用在线监控平台对压力值变压曲线进行监控，一旦出现异常降低的趋势，就可以在这个时候提前发出警告，这个时候，身体内的燃气压力还没有到达报警或跳闸的程度，就可以为维修工作争取时间。

（三）开关柜故障分析

开关柜的失效，从其具体的表现来看，可分为如下几类。一是机构卡涩，铁芯松动，造成零件变形，造成机器失效。此外，设备的移位、损伤等也是造成机器失效的重要因素。二是因接线不当而引起的终端松脱、接触不良等现象，给电器的操作带来了不便。三是绝缘故障。为了改善绝缘子的绝缘性能，需要根据不同的绝缘子的绝缘强度、电压等参数，采取相应的措施。在进行均衡调节的过程中，极易发生压闪击穿现象，进而导致事故的发生。在状态检修过程中，使用局放仪通过开关柜的观测窗口，对装置进行局部放大信号的探测，能够及时地发现其内部的放电率。

（四）GIS故障分析

这类故障主要是因为装置上安装了隔离开关、设置备用等原因而引起的故障。在前期的设备安装中，GIS设备失效的概率比较高。但是，由于接触表面光滑程度不够、残余的杂质等问题，又会对组装过程产生不利的影响，甚至导致产品失效。此外，安装工人的基本操作规范程度和安装环境的洁净度都会对GIS装置的工作状况产生影响，从而造成各种因素的影响，使故障的发生概率增加。此外，在长时间的使用中，绝缘开关装置还会因工作频率过高而发生故障。

（五）互感器故障分析

如果再细分，变压器还可以分为电压变压器和电流互感器。其中，熔丝断路是变压器最常见的故障。而电流互感器的故障起因有：高温造成绝缘体热击穿，局部放电现象造成绝缘击穿，互感器内部湿气进入造成密

封性差,技术人员操作不当等。以某变电所500 kV大电流互感器原边故障为例,对其进行了拆卸,在拆卸过程中,我们发现了一个引弧点在芯罩壳P2侧的上部,可以看见,在该部位,它的上部已经被严重烧毁,并且深入到了铁芯罩壳的外侧,上部的储油槽受到了严重的损伤,CT上部的膨胀器也受到了很大的破坏,一次线圈和二次接地都很好,瓷套和线性部件的绝缘都没有损坏,铁心外壳的内侧也没有受到损伤。

对其故障进行了分析,发现是因为在加注时,油管出现了微小的裂缝,致使产品不能注入,后来又在罐内进行了再次加注,这使得在抽真空的时候,已经注油的部分气泡不能被抽走,尽管在出厂试验中,产品的各项性能都满足了规范的要求,但因为产品是卧着运送的,所以在运输过程中,铁芯罩壳内的气体可能会溢出,从而使其顶部出现气泡,并且在投产后,主绝缘的高场强区(即铁心外壳弧处)出现了持续的汽泡放电,从而破坏了这一部位的主绝缘,并最终引起了电弧故障。

四、电力一次设备状态检修技术分析

(一) SF₆气体状态检修技术

基于SF₆气体的状态维修是一项重要的技术,其前提是系统地分析了气体中的水分和气体组分。其中,常见的测量气体湿度的方法有电解法、阻容法和露点法。在这三种方法中,电解法是以法拉第电解原理为基础的。主要是通过计算电能消耗来确定电解物料的品质;所谓的“阻容法”,就是采用氧化铝为基体,利用电化学方法,在铝基体上沉积一层氧化铝膜。氧化铝吸附水分后,其阻力指数发生了改变,从而反映了水分状况。

露点法主要是指在某一风速背景下,当SF₆气体经过被冷却的金属浸液时,气体中的湿气会生成露珠,当静电露珠和气体中的水达到平衡时,就可以得到露点和镜面的温度指数,进而实现对气体湿度的探测。而对燃气组分的分析研究,则必须先对燃气进行分解。然后,选择普通的气相色谱方法,或者采用气体探测管方法,对这些物质进行进一步的分析。从实际应用来看,该方法主要用于GIS系统的故障诊断,即六氟化硫裂解产物的检测,来验证其工作状态的稳定性。

(二) 油中溶解气体状态检修技术

这种维修方法可以通过系统地分析溶解气生成的分解过程,进而找出与之相对应的各种故障。在具体的拆分过程中,需要将绝缘油与固体绝缘物质分开进行有效的拆分。

(三) 局部放电状态检修技术

局放状况的改变还能在一定程度上反映出故障和提问。针对不同频率的情况,需要对其进行状态检修,并给出相应的故障处理模式。特别地,在使用局放状态检修技术时,有如下几种情况。

1. 高频局部放电状态检修技术

在实际的应用中,为了方便检测,采用了开环罗氏电感。在实际工作中,如果确定被检测的放电是一种高频率的电流,那么就必须采用具有更宽的磁导率和更高的灵敏度的传感器,通常采用高磁导率的磁芯作为线圈的框架,并构造一种自集成的线圈。在测试期间,电流互感器必须保持很高的敏感性。在特定的故障表现上,室外电缆端头的局部异常放电就是典型的典型。利用高频局放巡视检测装置,可以更深入地获得电缆的PRPD、PRPS图谱。维修人员还可以根据图上的情况,来判断电缆端头的局放异常。

具体的故障处理方法主要有以下几个方面:加强对电缆端子的检查,并安排专业的维修人员对端子区域内的PD情况进行定期的监测;对新加电缆端子的生产工艺要有针对性地检查,确保其质量等级符合技术要求后才能进入电网使用;加大对电力基础设施采购环节工作的重视。

2. 特高频局部放电状态检修技术

这种维修方法还可以利用PRPS, PRPD图谱信息来判断放电状况,其中,传感器、信号放大器检测仪和诊断模块是主要的检测设备。该传感器可以将所接收到的电磁讯号转化成电压讯号,并对讯号状态进行放大。该检测器能够通过集中式处理功能来实现对A/D电压信号的高效变换。最后,利用USB接口与计算机主机进行数据传送和故障诊断。在诊断过程中,利用专业的分析与诊断软件,对相关资料进行细分,进而得出诊断结论。

五、结语

在对电力系统进行状态检修的过程中,需要对常见的状态故障进行分析,并与各种故障的外在表现相结合,进而对它们的更精确的数据信息进行计算与分析,以此来确定维修工艺与维修工作流程。身为技术人员和管理者,他们还应该根据具体的故障类型、故障的严重程度,及时地进行有效的沟通和交流。在上述研究的基础上,选取科学的维修方式加以运用,提高电网的总体运行稳定性,保证维修技术的准确、高效地运用。

参考文献

- [1] 牟杨扬.地区电网检修计划优化管理系统设计与实现[J].电子科技大学.2016.
- [2] 刘训孝.预测性维修体系在某钢铁企业主传动系统的研究应用[D].2020.
- [3] 王素梅.电力系统变电一次设备状态检修策略分析[J].百科论坛电子杂志.2019,(17):44-45
- [4] 徐加清.浅论变电运维在设备状态检修中需注意的问题及作用[J].城市建设理论研究(电子版).2015,(9):151-152.
- [5] 康旭伟,邹范岗.变电一次主要设备检修方法与分析[J].城市建设理论研究(电子版).2015,(26):66-67