

串联谐振耐压试验的安全技术措施

丁 苏

(福建省第二电力建设公司, 福建 福州 350013)

〔摘要〕串联谐振耐压试验是高压电气试验中较为特殊且危险性较大的工作, 确保试验的安全进行是保证人身安全和电力系统安全的重要保证。在试验过程中, 应当从安全和技术等多个角度理解和应用保证安全的各种措施, 从而保证电力生产的长期安全稳定运行。

〔关键词〕电气试验; 谐振耐压; 安全技术

随着我国经济的快速发展, 社会对电力系统的安全运行提出了更高要求。福建省电力公司2004年修订了《电力设备的交接和预防性试验规程》(Q/FJG 10029.2-2004), 明确规定必须对电力电缆、电机、GIS(包括HGIS)及SF₆电流互感器进行交流耐压试验。交流耐压试验是鉴定电力设备绝缘强度最有效和最直接的方法。

福建省第二电力建设公司电力试验所自开展交流耐压试验以来, 先后多次发现设备在生产及现场安装中存在的安全隐患。如, 500 kV泉州大园变220 kV SF₆电流互感器耐压击穿, 原因是生产厂家遵照的耐压标准低于国网公司订货标准; 220 kV宁德树兜变GIS耐压击穿, 原因是安装工艺不到位, 其中一个绝缘盆对接处有污渍没清理干净; 500 kV漳州变二期扩建500 kV电流互感器耐压击穿, 原因是内部二次绕组外表油漆脱落导致整体绝缘破坏。这些都证明了开展交流耐压试验的必要性。

1 串联谐振原理

在传统工频条件下, 使用交流电压进行现场试验, 试验设备需要提供很大的无功功率。由于现场搬运这些设备非常不方便, 而且大电流的工作电源在现场也不易取得, 因此, 一般都采用串联谐振交流耐压试验设备。串联谐振的基本电路如图1所示。

当试验回路发生串联谐振时, 存在下列关系:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

串联电路的品质因数用 Q 表示, 即:

$$Q = \frac{Z_c}{R} = \frac{\omega_0 L}{R} = \frac{1}{\omega_0 C R} = \frac{1}{R} \cdot \sqrt{\frac{L}{C}}$$

则当发生串联谐振时, 被试品电压可描述为:

$$\dot{U}_c = -j \frac{1}{\omega_0 C} \dot{I} = -j \frac{1}{\omega_0 C R} \dot{U}_s = -j Q \dot{U}_s$$

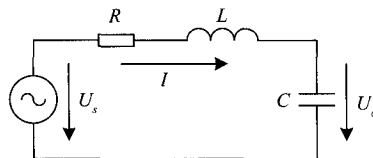


图1 串联谐振基本电路

由以上公式可知:

- (1) 串联谐振电路的谐振频率 f_0 由电路自身的参数 L 和 C 确定, 与试验电源的特征无关;
- (2) 试验电源的输出功率 U_s 为外部回路所消耗的纯有功功率;
- (3) 试品两端的电压 U_c 为输入电压的 Q 倍。由于一般试验回路的 Q 值远大于1, 因此串联谐振电路具有明显的电压放大作用;
- (4) 当电路发生串联谐振时, 试验系统的电流 I 为纯阻性, 试验电源无需向串联谐振试验系统额外提供无功功率, 电源利用率较高;
- (5) 当试验电源频率一定时, 可以通过调节串联电路的参数 L 或 C , 使电路的固有频率与试验电源输出信号的频率一致, 则试验系统将会出现谐振现象;
- (6) 当电路参数固定、调节不便或范围受限时, 通过改变试验电源输出信号的频率, 使之与串联电

路的固有频率一致,也可以产生谐振调节。

根据调节手段的不同,串联谐振试验装置可分为调频式和调感式2种。调频式串联谐振试验装置(30~300 Hz)主要用于电力电缆、GIS(包括HGIS)及SF₆电流互感器等设备的耐压试验;调感式串联谐振试验装置(50 Hz)主要用于变压器、电机等设备的耐压试验。

谐振耐压试验需要大型的设备、复杂的人员组织。在高电压条件下工作,如果由于疏忽,人员与带高电压设备的距离小于安全距离时,极有可能发生人身伤亡事故;由于错接试验回路或错加更高的试验电压,很可能造成试验仪器或被试电气设备的损坏。为了有效防止意外事故的发生,应在思想高度重视的基础上,加强安全技术措施。

2 试验准备阶段的安全技术措施

2.1 加强人员的技术培训和安全意识培养

有一批技术精湛的试验人员是保证试验安全进行的重要保障。由于谐振耐压试验开展的时间比较短,良好的培训是非常关键的。在熟悉谐振耐压试验的原理、被试品结构、整个试验过程和各种情况下可能发生的现象后,试验人员才能根据所把握的客观的科学规律,结合每一次试验现场的具体情况,分析试验现象和数据,及时对试验结果、被试品状态及整个试验过程做出正确、有效的判定。

2.2 认真制订试验方案

串联谐振试验是一项复杂的试验,在试验之前必须制订好严格的试验方案。

(1) 要组织好人员,明确不同人员的职责。现场试验负责人、实际操作负责人、操作监护人及现场安全负责人等要各负其责;同时,要事先通知设备厂家、现场安装人员、监理及业主代表等人员,以监督和确认试验过程及结果。

(2) 要根据试验对象要求选择试验仪器。不同电气设备耐压所需配置的试验设备不完全一样。因交流耐压试验需要设备较多,所以一定要准备齐全,不能到试验现场才发现试验仪器不配套或短缺。

(3) 根据试验规程和产品出厂报告要求,制订详细试验方案并在试验中按步骤执行。

2.3 试品完成常规试验

在进行交流耐压试验前,必须预先进行各项非

破坏性试验,并对各项试验结果进行综合分析,判定该设备是否含有缺陷。若发现设备存在问题,需预先进行处理,待缺陷消除后,方可进行缺陷耐压试验。如果常规试验执行不力或试验结果不合格就进行交流耐压试验,设备出现的破坏性后果将由试验单位承担。每次交流耐压试验的准备到实施都具有复杂性,涉及到众多人员、机具及试验设备,所以在常规试验没确认合格之前不能贸然进行交流耐压试验。

3 试验实施阶段的安全技术措施

3.1 试验前应采取的安全技术措施

3.1.1 对试验电气设备进行安全因素分析与评估

应根据现场情况对试验电气设备进行安全因素分析与评估。开展电流互感器试验时,如果互感器和断路器及隔离刀闸通过引线相连,这就扩大了带电范围。这就要明确相关带电设备的出厂耐压数据。如果断路器耐压低于电流互感器耐压,则需要拆除断路器和互感器之间的引线。另外,对于扩建变电站试验,试验经常是在周围电力设备运行时开展的,这就需要考虑试验电压和周围设备运行电压的叠加问题,安全距离的考虑因素应大于正常要求的安全距离。对变电站扩建部分500 kV SF₆电流互感器进行耐压试验时,最大试验电压应达到880 kV,安全距离不小于7~10 m,否则将危机整个变电站的安全运行。

表1 交流试验安全距离

试验电压, kV	50	100	200	500	750	1000
安全距离, m	1.2	1.5	3	5	7	10

3.1.2 对人员安全进行安全因素分析与评估

电气施工作业经常处于交叉状态,安装、土建及调试等工作经常同时进行。由于现场人员复杂,在试验设备和高压引线周围均应装设安全网(遮栏),并在网上向外悬挂“止步,高压危险”的标示牌;装设安全网的地方应派专人看守,以防外人不慎入内。另外,还应注意感应电的影响。由于试验电压很高,周围线路或设备很可能会产生一定的感应电压,而线路的另一端很可能有人在做安装或调试。正确做法应该是禁止周围一切工作人员进行

作业, 或相关的作业线路正确可靠接地。

3.1.3 对试验过程进行模拟分析评估

试验设备完成组装后, 使用介损仪测量试品 (包括试验引线、电容分压器及谐振电抗器等) 的电容量, 估算出正常试验时的频率、耐压过程不同电压等级阶段的一次电流、原边电流等。这些原始数据作为参考, 在实际试验过程中可以与之对照, 如有差别要查找原因, 做到试验过程心中有数。这样就能避免试验过程中因人为错误设置试验仪器参数或试验仪器故障等方面引起的安全事故。

3.2 试验过程应采取的安全技术措施

试验开始前, 试验负责人应对每个参加试验的人员明确分工, 详细说明有关安全注意事项。高压试验一般由较低一级的试验人员负责接线 (包括试验仪器接地线、被试设备与试验仪器的连接线), 试验负责人负责检查。检查内容包括接线是否有误, 安全用具 (如安全网、标示牌、绝缘手套、绝缘垫、放电棒、接地线) 是否齐全, 安全措施是否妥当等。

试验过程中, 要严格遵守呼唱制度。现场情况大多较为复杂, 有可能在人员嘈杂或噪音严重的场所开展, 全体试验人员必须思想集中, 全神贯注, 不能闲聊和随意走动。要有人随时监视被试品和试验设备, 监视仪表指示 (用万用表监视试验电源电压, 用钳形电流表监视原边电流及试品电流)。在

升压和耐压过程中, 如果发现电压表摆动很大, 或电流表指示急剧增加, 或被试品冒烟、焦臭、闪络、燃烧或发出击穿响声, 应立即停止升压, 并在降压停电后查明原因。

试验结束后, 恢复因试验需要临时解除的电气设备防误闭锁装置 (包括机械的和电气的), 并拆除因试验需要的临时二次短接线, 恢复 CT 的二次端子连接片, 并认真检查是否有被遗忘的工具、导线等物品, 拆除围栏。

4 结束语

由于谐振耐压试验工作环境的多样性, 要求试验人员能够不断提高试验技术水平, 加强总结。要结合每一次试验现场的具体情况, 分析试验现象和数据, 并依此对被试品状态、试验结果及时做出正确、有效的判定。同时, 试验人员要严格遵守各种规章制度, 提高自身安全意识, 杜绝违规操作, 克服各种主客观因素带来的影响, 从各种角度理解试验安全问题重要性, 从而确保人身和设备的安全。

参考文献:

- 1 陈根生, 李树娥. 高压试验应采取的安全技术措施 [J]. 农村电气化, 2005(11).

(收稿日期: 2010-12-20; 修回日期: 2011-02-14)



电监会开展为期 1 个月的电力行业安全生产月活动

国家电监会于 2011-05-30 ~ 2011-06-30 在全国电力行业开展安全生产月活动。今年的活动主题为“安全责任, 重在落实”。与此相关的电力应急演练、电力安全生产宣传咨询日、全国电力安全生产知识网络竞赛及主题征文活动将在 6 月份相继展开。

电监会要求, 电力系统各单位要坚持“安全第一, 预防为主, 综合治理”的方针, 全面落实全国安全生产电视电话会议和全国电力安全生产电视电话会议的部署要求, 以宣传贯彻《国务院关于加强企业安全生产工作的通知》为核心, 围绕“安全发展”主旋律, 落实电力行业继续深化“安全生产年”活动各项任务, 落实企业安全生产主体责任, 有效防范和坚决遏制重特大电力事故的发生, 保持全国电力安全生产形势持续稳定的良好局面, 为实现“十二五”时期电力安全生产工作开好局提供强大的思想保证、精神动力和舆论支持, 为推动经济社会平稳较快发展创造安全、和谐的电力供应环境。电监会要求各电力企业结合本地区、本单位电力安全工作实际, 创新工作形式和内容, 扎实组织和开展丰富多彩的电力安全生产教育活动, 努力营造有利于加强电力安全生产的社会氛围。

(来源: 电监会网站 2011-05-31)