

# 发电机绝缘试验常见问题处理

姜永波

中广核核电运营有限公司 广东 深圳 518000

**摘要:** 发电机是电力系统核心动力设备,绝缘系统完好性关乎其运行可靠性与寿命,绝缘试验是检测性能、排查缺陷的关键。本文研究发电机绝缘试验,阐述其概述、类型及原理,梳理绝缘电阻、介质损耗因数、直流耐压与泄漏电流、交流耐压试验这四类常见问题,分析原因并给出处理措施,还从试验前、中、后及长期维护制定预防方案。研究表明,科学分析、精准处理、严格执行可提升试验准确性,保障发电机运行,为现场操作等提供参考,对提升供电可靠性意义重大。

**关键词:** 发电机;绝缘试验;常见问题;处理措施

引言:电力生产输送中,发电机将机械能转化为电能,其运行稳定性影响电力系统供电。绝缘系统在复杂工况下易出现老化等缺陷,未及时处理会引发故障,造成经济损失。绝缘试验是发电机出厂、检修、诊断的核心环节,能精准识别潜在缺陷。但现场试验受多种因素影响,常出现异常问题,影响结果准确性。本文系统研究常见问题及处理措施,对规范操作、提升效率、保障运行有现实意义与工程价值。

## 1 发电机绝缘试验概述

### 1.1 发电机绝缘系统组成与作用

发电机绝缘系统是保障其正常运行、防漏电短路的核心,由定子绕组、转子绕组、铁芯、引线及附件绝缘五部分构成。定子绕组绝缘是核心,用云母带、绝缘漆等缠绕涂抹,分对地与匝间绝缘,隔离绕组与铁芯及各线匝;转子绕组绝缘用绝缘漆与玻璃丝带,隔离绕组与铁芯,承受高速旋转应力;铁芯绝缘采用涂层与垫片,防多点接地产生涡流致过热损坏;引线绝缘保护引出线,防与外壳等放电;附件绝缘保障接线盒等部位绝缘完整。其核心作用是隔离导体,阻止电流泄漏,承受额定与过电压,确保部件协同工作,延长设备寿命,避免绝缘故障引发安全事故。

### 1.2 常见绝缘试验类型及原理

发电机常见绝缘试验分四类,原理明确且针对性强。绝缘电阻试验是基础,用兆欧表施直流电压测绝缘电阻,判断整体受潮、老化及破损,电阻越低性能越差;介质损耗因数试验利用介电特性,测介质损耗角正切值,反映内部能量损耗,超标表明受潮、老化或有局部缺陷;直流耐压与泄漏电流试验施逐步升高直流电压,测泄漏电流变化,检验承受直流高压能力,电流异常增大说明有局部破损或受潮;交流耐压试验施高于额定电压的交流试

验电压,持续规定时间,检验承受过电压能力,出现击穿、闪络说明有严重缺陷<sup>[1]</sup>。

### 1.3 绝缘试验在发电机运行维护中的重要性

绝缘试验是发电机运行维护核心环节,对保障安全稳定运行、降低故障率意义重大。其一,能及时排查潜在缺陷,发电机绝缘缺陷初期不明显,定期试验可精准检测参数变化,提前识别受潮、老化等问题,避免发展为重大故障。其二,为维护方案制定提供依据,分析试验数据可判断老化程度、缺陷类型及严重程度,针对性制定维护措施,提升有效性与针对性。其三,保障设备出厂与检修质量,出厂前试验检验是否符合标准,检修后试验验证维护效果,确保安全投运。其四,降低经济损失,及时处理问题可避免停机故障,减少设备损坏与供电中断损失,提升供电可靠性。

## 2 发电机绝缘试验常见问题及原因分析

### 2.1 绝缘电阻异常

绝缘电阻异常在发电机绝缘试验中极为常见,有绝缘电阻值过低、波动大、吸收比或极化指数不合格三种表现。绝缘电阻值过低,核心原因是绝缘受潮,发电机密封差使水分侵入,或停机未及时烘干,同时绝缘表面被粉尘、油污污染形成导电通道也会致此。电阻值波动大,主要因试验环境温湿度变化剧烈,温湿度影响绝缘导电性能,且试验接线松动、接触不良也会造成数据波动。吸收比或极化指数不合格,主要是绝缘老化严重,长期高温运行使绝缘材料脆化、碳化,内部结构损坏,极化过程异常,同时绝缘内部局部破损也会影响极化效果。

### 2.2 介质损耗因数超标

介质损耗因数超标反映绝缘内部有缺陷,表现为介质损耗角正切值超标且随温、压变化异常。原因有四:一是绝缘受潮,水分加剧极化损耗,随温度升高增长明显;

二是绝缘老化,长期运行受高温、高压作用,内部结构松散,极化损耗增大;三是绝缘有局部缺陷,如破损、脱壳、碳化形成局部导电区;四是试验因素,环境湿度超标、引线过长或接触不良引入误差,试验设备未校准致测量精度下降。

### 2.3 直流耐压与泄漏电流异常

直流耐压与泄漏电流异常有泄漏电流过大、随电压变化异常、试验中突然增大三种情况。泄漏电流过大,因绝缘局部破损或受潮形成导电通道,或绝缘表面污染严重;随电压变化异常,是绝缘内部有气隙缺陷,电压升高气隙放电,或绝缘老化不均;试验中突然增大,是绝缘有隐性破损,高压下破损扩大形成贯穿通道,不及时停止会致绝缘击穿<sup>[2]</sup>。

### 2.4 交流耐压试验异常

交流耐压试验异常很严重,有试验电压难升至规定值、试验中绝缘击穿或闪络、设备异常声响或发热三种情况。试验电压难升至规定值,是试验设备故障,如变压器输出功率不足、引线接触不良,或发电机绝缘有严重缺陷,电压升高泄漏电流大,保护装置动作;试验中绝缘击穿或闪络,是绝缘系统有严重缺陷,或试验电压升高过快;设备异常声响或发热,是试验设备过载、部件接触不良,或发电机绝缘有局部放电。

## 3 发电机绝缘试验常见问题的处理措施

### 3.1 绝缘电阻异常处理

对于绝缘电阻值过低的问题,首先清洁绝缘表面,采用干燥的抹布去除粉尘、油污,若污染严重,可采用专用绝缘清洁剂清洗,晾干后重新试验;若为绝缘受潮导致,采用烘干设备对发电机绝缘系统进行烘干,控制烘干温度在80~100℃,烘干时间根据受潮程度调整,烘干后再次测量绝缘电阻,直至达到标准值。对于电阻值波动过大的问题,首先控制试验环境温湿度,将温湿度调整至标准范围,避免温湿度剧烈变化;检查试验接线,重新紧固接线端子,确保接触良好,更换老化、破损的试验引线,避免引线接触不良导致数据波动。对于吸收比或极化指数不合格的问题,若为绝缘老化导致,对老化部位进行修补,涂覆专用绝缘涂料、缠绕云母带,若老化严重,需更换整体绝缘部件,修补或更换后重新进行试验,直至数据合格。

### 3.2 介质损耗因数超标处理

处理介质损耗因数超标问题,核心是排查并消除绝缘内部缺陷、优化试验条件,确保损耗因数符合标准。若为绝缘受潮导致,采用烘干设备对绝缘系统进行烘干,烘干过程中实时监测绝缘性能,烘干完成后重新测量介质

损耗因数,直至达标;同时检查发电机密封结构,修复密封破损部位,防止水分再次侵入。若为绝缘老化导致,对老化的绝缘部件进行修补或更换,清除碳化、脆化的绝缘材料,重新缠绕绝缘云母带、涂抹绝缘漆,确保绝缘结构完好。若为局部缺陷导致,采用局部放电试验、红外测温等方法定位缺陷部位,对缺陷部位进行针对性修补,如填补绝缘破损处、更换破损的绝缘附件,修补后重新试验。若为试验因素导致,优化试验环境,远离电磁干扰源、控制湿度达标,校准试验设备,更换合格的试验引线,确保测量精度,重新进行试验。

### 3.3 直流耐压与泄漏电流异常处理

针对直流耐压与泄漏电流异常,需立即停止试验,排查问题原因,采取对应处理措施,避免绝缘缺陷扩大。对于泄漏电流过大的问题,首先清洁发电机绝缘表面,去除粉尘、油污,晾干后重新试验;若为局部破损导致,定位破损部位,采用绝缘涂料、云母带进行修补,破损严重时更换绝缘部件;若为绝缘受潮导致,进行烘干处理,烘干后再次试验,确保泄漏电流降至标准范围。对于泄漏电流随电压变化异常的问题,排查绝缘内部气隙缺陷,采用真空浸渍工艺消除气隙,或对气隙部位进行绝缘修补;若为绝缘老化不均导致,对老化严重的区域进行重点修补,确保绝缘性能均匀<sup>[3]</sup>。对于试验过程中泄漏电流突然增大的问题,立即切断试验电源,对发电机进行彻底放电,排查绝缘破损部位,修复破损处后,重新制定试验方案,降低电压升速,逐步升高试验电压,验证绝缘性能。

### 3.4 交流耐压试验异常处理

交流耐压试验异常处理需优先保障人身与设备安全,及时排查问题、消除隐患,再重新开展试验。首先检查试验设备,检修试验变压器、高压引线,更换损坏的部件,紧固接线端子,确保设备正常输出;若为绝缘缺陷导致,先采用其他绝缘试验方法排查缺陷,处理完成后再进行交流耐压试验。对于试验过程中出现绝缘击穿或闪络的问题,立即切断试验电源,对发电机进行彻底放电,定位击穿或闪络部位,分析缺陷严重程度,轻微破损可采用绝缘涂料、云母带修补,严重破损时更换整体绝缘部件,修补或更换后,降低试验电压升速,重新进行试验,确保绝缘不被再次击穿。对于试验过程中设备异常声响或发热的问题,停止试验,检查试验设备,排查过载、接触不良等问题,检修设备后重新试验;若为绝缘局部放电导致,定位放电部位并处理,再继续试验。

## 4 发电机绝缘试验常见问题的预防措施

### 4.1 试验前预防措施

试验前预防是避免绝缘试验异常的基础,需做好充分准备,确保试验顺利开展。制定详细的试验方案,明确试验类型、试验标准、操作流程及安全注意事项,结合发电机型号、容量、运行年限,确定试验参数;检查试验设备,确认设备性能良好,兆欧表、介损测试仪、耐压试验装置等设备需定期校准,确保测量精度,检查试验引线、接线端子,更换老化、破损的部件,确保接线牢固;清洁发电机绝缘表面,去除粉尘、油污、水分,检查绝缘系统外观,排查明显的破损、老化痕迹,提前处理简单缺陷。然后,控制试验环境,将温湿度调整至标准范围,远离电磁干扰源、易燃易爆物品,搭建安全试验区域,设置警示标识;对试验人员进行培训,明确操作规范,熟悉试验原理与应急处理方法,确保操作合规。

#### 4.2 试验过程中预防措施

试验过程中严格执行操作规范,加强监测,能有效预防试验异常问题发生。首先,规范试验操作,严格按照试验方案控制试验电压、试验时间、升速速率,避免电压升高过快、试验时间过长,防止损坏绝缘系统与试验设备。其次,加强试验过程监测,实时观察试验数据变化,监测发电机绝缘状态与试验设备运行情况,若出现数据异常、设备异响、发热等现象,立即停止试验,排查问题后再继续。再次,做好试验数据记录,详细记录试验参数、环境条件、试验数据,便于后续对比分析,及时发现数据异常趋势。同时,强化安全防护,试验人员全程佩戴绝缘手套、绝缘鞋等防护用品,严禁无关人员进入试验区域,避免人身触电、设备损坏事故。此外,试验过程中避免频繁启停设备,减少设备损耗,确保设备稳定运行<sup>[4]</sup>。

#### 4.3 试验后预防措施

试验后做好后续处理与维护,能避免试验后缺陷扩大,预防同类问题再次发生。对发电机与试验设备进行彻底放电,采用专用放电装置,放电时间不少于规定值,确认无残余电压后,再进行设备拆卸与试品存放,避免残余电压引发安全隐患;整理试验数据,全面分析试验结果,对比历史试验数据,判断绝缘性能变化趋势,若数据存在轻微异常,及时跟踪监测,提前采取处理措施;维护试验设备,清洁设备表面,检查部件磨损情况,及时检修与校准,妥善存放设备,避免设备受潮、振动、碰撞,延长设

备使用寿命。然后,检查发电机绝缘系统,若试验过程中出现轻微异常,试验后对相关部位进行重点检查与维护,确保绝缘性能完好;建立试验档案,记录每次试验的详细信息,形成完整的试验台账,便于后续追溯与对比。

#### 4.4 长期预防措施

长期预防措施主要针对发电机日常运行与维护,从源头减少绝缘缺陷,避免试验异常问题。(1)建立发电机绝缘试验定期检测制度,结合发电机运行工况,制定合理的试验周期,定期开展各类绝缘试验,提前排查潜在缺陷,实现早发现、早处理。(2)加强发电机绝缘系统日常维护,定期清洁绝缘表面,检查密封结构,修复密封破损部位,防止水分、粉尘侵入;控制发电机运行温度、电压,避免长期过载运行,减少绝缘老化速度。(3)定期开展试验人员专业培训,提升试验人员的专业素养、操作水平与故障判断能力,规范试验操作流程,减少操作失误导致的试验异常。(4)优化试验设备配置,推广智能化、自动化试验设备,提升试验精度与效率,建立试验设备定期维护、校准制度,确保设备性能稳定。(5)建立绝缘缺陷数据库,总结各类试验异常问题的处理经验,持续优化预防方案,提升长期预防效果。

#### 结束语

本文全面研究发电机绝缘试验常见问题处理,依既定框架,阐述绝缘试验概述、类型及原理,强调其对发电机运维的重要性。梳理绝缘电阻等四大类常见问题,剖析原因、提出处理措施,还从试验前中后及长期维护制定预防方案,形成完整体系。该研究为现场操作与维护提供可靠参考,对保障发电机安全运行、提升电力系统供电可靠性意义重大。

#### 参考文献

- [1]范鹏,邓湘,毕帅,等.电动汽车高压发电机绝缘故障分析及改善[J].上海汽车,2025(11):25-29.
- [2]曹文超,陶炜,陆新原,等.发电机绝缘实时监测诊断软件设计与应用[J].设备管理与维修,2025(16):163-165.
- [3]陆新原,李新兴,王越超,等.发电机绝缘故障位置自动化在线监测诊断系统[J].电子设计工程,2025,33(2):181-184,191.
- [4]李新兴,陈思远,王越超,等.发电机绝缘在线监测分析技术的应用分析[J].中国设备工程,2024(18):178-180.