

火电厂电气系统启动调试浅析

李志华

内蒙古蒙泰不连沟煤业有限公司煤矸石热电厂 内蒙古 鄂尔多斯 010319

摘要：在能源结构深度调整与电力保供需求双重驱动下，火电厂仍是我国电力供应的“稳定器”与“压舱石”。本文围绕火电厂电气系统展开，概述其内容。重点阐述启动调试技术要点，包括电气设备绝缘试验、继电保护装置调试以及同期系统调试。同时指出调试中的常见问题，如设备安装连接问题、保护装置误动拒动等，并提出相应解决措施，如把控安装质量、确保保护装置可靠运行等，以保障火电厂电气系统的正常运行。

关键词：火电厂；电气系统；启动调试；浅析

引言：火电厂在电力供应中占据重要地位，其电气系统的安全稳定运行对于火电厂的正常发电及电力的可靠输送至关重要。启动调试作为火电厂电气系统投入运行前的关键环节，对整个电气系统的性能和可靠性有着决定性影响。通过对电气设备的绝缘试验、继电保护装置的调试以及同期系统的调试等工作，能够及时发现并解决系统存在的问题。然而，在实际启动调试过程中，也面临着诸多挑战，需要深入分析问题并采取有效的解决措施，以保障火电厂电气系统顺利启动并稳定运行。

1 火电厂电气系统概述

火电厂电气系统是火电厂实现电能生产、转换、传输与分配的核心组成部分，其运行状态直接关系到火电厂整体的安全性和经济性。火电厂电气系统主要涵盖发电设备、变电设备、输电设备以及配电设备等。发电设备中，发电机是将其他形式的能量（如热能）转换为电能的关键设备，其性能和可靠性直接影响电厂的发电能力。变电设备则负责对发电机输出的电能进行升压处理，以降低电能在传输过程中的损耗，便于长距离输送。输电设备由各类高压输电线路组成，承担着将升压后的电能输送到不同区域变电站的重要任务。配电设备的作用是将高压电能降压，分配给各类用户，满足不同的用电需求。此外，火电厂电气系统还配备了完善的继电保护系统、自动控制系统以及监测系统。继电保护系统可在电气设备发生故障时迅速切断电源，防止故障扩大；自动控制系统能够根据负荷变化自动调节发电设备的运行参数，保障系统稳定；监测系统则实时监控电气设备的运行状态，为设备的维护和检修提供数据支持^[1]。

2 火电厂电气系统启动调试技术要点

2.1 电气设备的绝缘试验

绝缘电阻试验是火电厂电气设备绝缘性能检测的基础项目，通过测量设备绝缘电阻值，评估其绝缘状况。

试验时，使用绝缘电阻表向电气设备施加直流电压，测量流经绝缘介质的泄漏电流，进而计算出绝缘电阻值。对于不同类型的电气设备，其绝缘电阻标准有所差异，例如发电机定子绕组在常温下绝缘电阻一般不应低于每千伏1兆欧。若测量值低于标准，可能表明设备存在受潮、绝缘老化或破损等问题。该试验操作简便、成本较低，能够快速筛查出绝缘性能明显下降的设备，是电气设备投入运行前必不可少的初步检测手段，为后续更深入的绝缘试验提供依据。

2.1.1 介质损耗角正切值试验

介质损耗角正切值（ $\tan\delta$ ）试验是一种能有效反映电气设备绝缘整体状况的试验方法。在交流电压作用下，绝缘介质会因极化、电导等产生能量损耗，介质损耗角正切值就是表征这种损耗程度的参数。试验过程中，利用专用仪器向设备施加特定频率的交流电压，通过测量介质损耗功率与无功功率的比值，得出 $\tan\delta$ 值。该值越小，说明绝缘介质损耗越低，绝缘性能越好。当电气设备内部存在局部缺陷、受潮或老化时， $\tan\delta$ 值会显著增大。相比绝缘电阻试验，它能更灵敏地发现绝缘的隐性缺陷，尤其适用于对变压器、互感器等大容量设备的绝缘诊断，对保障火电厂电气设备长期稳定运行具有重要意义。

2.1.2 交流耐压试验

交流耐压试验是检验电气设备绝缘强度最直接、最有效的方法。该试验通过向电气设备施加高于其额定电压数倍的交流电压，并持续一定时间，模拟设备在运行过程中可能承受的过电压情况，考验设备绝缘耐受电压的能力。若设备绝缘存在薄弱环节，在高电压作用下会发生击穿或闪络现象。试验时需严格控制试验电压的幅值、频率和持续时间，不同设备有相应的标准规定。例如，高压断路器的交流耐压试验电压一般为额定电压的

1.3-1.5倍。虽然交流耐压试验属于破坏性试验,但它能真实反映设备绝缘在实际运行工况下的性能,对于确保电气设备投运后不发生绝缘击穿事故,保障火电厂电气系统安全稳定运行起着关键作用。

2.2 继电保护装置的调试

保护整定值是继电保护装置准确动作的核心参数。计算时,需依据火电厂电气系统的网络结构、设备参数、运行方式,结合短路电流计算结果,按照相关规程与设计要求,确定保护装置的动作电流、动作时间等参数。例如,过电流保护的整定值需躲过正常运行时的最大负荷电流,并考虑一定可靠系数。整定过程中,通过调整保护装置内部参数,使保护在设备故障时能及时、准确动作,避免误动或拒动,为电气系统安全运行筑牢防线。

2.2.1 保护装置的校验和调试

保护装置校验调试是确保其性能可靠的重要步骤。采用专用测试仪器,模拟各类故障场景,向保护装置输入不同的电流、电压信号,检测保护装置的動作特性、信号输出等是否符合设计要求。检查保护装置的逻辑功能、显示功能、通信功能是否正常,验证其测量精度和动作灵敏度。通过校验调试,及时发现并处理保护装置存在的硬件故障、软件逻辑错误等问题,保证装置在实际运行中稳定可靠。

2.2.2 保护带开关传动试验

保护带开关传动试验是检验继电保护装置与开关设备配合性能的关键环节。模拟电气设备故障,使保护装置发出跳闸或合闸指令,观察开关设备能否按照指令准确动作,同时检查信号回路、控制回路是否正常。试验过程中,记录开关动作时间、信号反馈情况,确保保护装置与开关设备之间的联动准确无误,防止因配合不当导致故障扩大,保障火电厂电气系统故障时的快速隔离与恢复。

2.3 同期系统的调试

2.3.1 同期并列的条件和原理

同期并列是实现火电厂发电机与电网安全连接的核心操作,需严格满足三个条件:一是待并发电机与电网的电压幅值差应控制在额定电压的 $\pm 5\% \sim \pm 10\%$ 以内,过大的电压差会产生无功冲击电流,影响电网无功平衡;二是频率差需在 $\pm 0.2 \sim \pm 0.5\text{Hz}$ 范围内,超出该范围将引发有功冲击,导致发电机振荡;三是相位差应接近 0° ,通常不超过 10° ,否则会产生巨大的电磁力,威胁设备安全。其原理基于交流电的矢量特性,通过同期装置实时监测发电机和电网的电压、频率、相位参数,经PID算法计算

后,输出调节指令控制发电机的励磁系统和调速系统,逐步缩小两者差异,待满足并列条件后,发出合闸信号,实现平稳并网,确保电气设备不受冲击损坏。

2.3.2 同期回路的接线检查和调试

同期回路接线检查和调试是保障同期系统可靠运行的基础工作。首先,严格依据设计图纸对电压互感器(PT)、电流互感器(CT)、同期表计、同期装置等设备的二次回路接线进行全面核查,重点检查相序、极性是否正确,确保接线无错接、漏接。使用万用表测量回路电阻,排查接触不良、短路等隐患,要求回路电阻值符合设计标准。调试时,利用高精度的交直流信号发生器,向同期回路注入不同幅值($0 \sim 1.2$ 倍额定电压)、频率($45 \sim 55\text{Hz}$)的模拟信号,观察同期表计的指针偏转和数字显示是否准确,检测同期装置的电压、频率测量精度(误差应 $\leq \pm 0.5\%$)和逻辑判断功能。通过模拟电压不平衡、频率异常等故障工况,验证同期回路的故障响应速度和可靠性,确保系统在实际运行中能精准控制同期并列过程。

2.3.3 假同期试验

假同期试验是在不与电网实际连接的情况下,对同期系统功能进行的全面模拟测试。试验时,将发电机出口断路器的主触头与电网侧断开,并将其置于试验位置,通过短接PT二次侧的方式模拟电网电压。启动发电机后,调节其电压至额定值的 $95\% \sim 105\%$,频率控制在 $49.5 \sim 50.5\text{Hz}$,触发同期装置进入自动并列程序。试验过程中,利用录波仪实时记录同期装置的调压、调频指令,断路器合闸瞬间的电压差(应 $< 10\%$ 额定电压)、频率差(应 $< 0.5\text{Hz}$)、相位差(应 $< 10^\circ$),以及合闸时间(应符合设计要求)等关键数据。将实测数据与理论计算值进行对比分析,评估同期系统的控制精度和稳定性。若发现装置参数设置不合理、信号传输延迟等问题,及时进行调整优化,有效降低正式并网时的风险,为发电机安全可靠接入电网提供有力保障^[2]。

3 火电厂电气系统启动调试常见问题及解决措施

3.1 常见问题

3.1.1 设备安装与连接问题

在火电厂电气系统启动调试过程中,设备安装与连接环节容易出现诸多问题。部分电气设备在安装时,由于施工人员操作不规范,导致设备安装位置不符合设计要求,影响设备间的连接和整体布局。设备之间的接线可能存在松动、接触不良的情况,如电缆头制作工艺不达标,会导致接触电阻增大,引发发热甚至短路故障。设备的接地连接也可能存在隐患,接地电阻不满足设计标

准,在发生电气故障时无法有效保障人员和设备安全。

3.1.2 保护装置误动或拒动

电气保护装置是保障火电厂电气系统安全运行的关键。在调试过程中,保护装置误动或拒动现象时有发生。一方面,保护装置的定值整定不准确,可能导致在正常运行工况下保护装置误动作,引发不必要的停电事故;另一方面,保护装置本身存在质量问题或二次回路接线错误,会使保护装置在系统发生故障时无法及时动作,不能有效切除故障,扩大事故范围。

3.1.3 系统参数不匹配

火电厂电气系统包含多个子系统,各系统之间的参数匹配至关重要。发电机的额定参数与电网参数不匹配,可能导致发电机无法顺利并网或并网后运行不稳定。变压器的变比、容量等参数与系统需求不相符,会影响电力的传输和分配效率。另外,电气系统中的继电保护装置、测量仪表等设备的参数设置与系统实际运行工况不匹配,也会影响系统的安全稳定运行。

3.1.4 操作流程不规范

启动调试过程中,操作人员对操作流程不熟悉或违反操作规程,是引发问题的重要因素。在倒闸操作时,操作人员可能未严格按照操作票顺序进行操作,导致误操作,造成设备损坏或停电事故。在对设备进行调试时,未按照规定的步骤进行试验,可能无法准确发现设备存在的问题,影响调试质量。此外,操作人员在操作过程中缺乏有效的沟通和协调,也容易引发操作失误。

3.2 解决措施

3.2.1 严格把控设备安装与连接质量

在设备安装前,要对施工人员进行专业培训,使其熟悉设备安装规范和技术要求。安装过程中,安排专业技术人员进行现场监督,确保设备安装位置准确,连接牢固。对于电缆接线,要严格按照工艺标准制作电缆头,加强对接线质量的检查,确保接触良好。定期检测设备的接地电阻,保证接地系统符合设计要求。在设备安装完成后,要进行全面的检查和测试,及时发现并处理安装过程中存在的问题。

3.2.2 确保保护装置可靠运行

对保护装置的定值进行严格整定,根据电气系统的实际运行参数和保护要求,精确计算保护定值,并经过专业人员审核确认。在安装保护装置前,要对其进行全

面的质量检测,确保设备性能良好。仔细检查保护装置的二次回路接线,保证接线正确无误,避免因接线错误导致保护装置误动或拒动。采取有效的抗干扰措施,如合理布置电缆、安装屏蔽装置等,减少电磁干扰对保护装置的影响。定期对保护装置进行校验和维护,确保其在系统发生故障时能够可靠动作。

3.2.3 优化系统参数匹配

在电气系统设计阶段,要充分考虑各子系统之间的参数匹配问题,进行详细的计算和分析。在设备选型时,要根据系统需求选择合适参数的设备,确保发电机、变压器等主要设备的参数与电网和其他系统相匹配。在调试过程中,对系统参数进行全面的测试和调整,通过试验和数据分析,优化系统参数设置,使电气系统达到最佳运行状态。建立系统参数数据库,对系统参数进行实时监测和管理,及时发现并解决参数不匹配问题。

3.2.4 规范操作流程与人员管理

制定详细、规范的操作流程和操作规程,并组织操作人员进行培训,使其熟悉操作流程和要求。在操作过程中,严格执行操作票制度,确保操作步骤准确无误。加强对操作人员的监督和考核,对违反操作规程的行为进行严肃处理。建立有效的沟通协调机制,加强操作人员之间、操作人员与技术人员之间的沟通和协作,确保操作过程顺利进行。定期组织操作人员进行技能培训和应急演练,提高操作人员的业务水平和应急处理能力^[3]。

结束语

火电厂电气系统启动调试是保障电力稳定供应的关键环节。从绝缘试验、继电保护调试到同期系统检测,每个技术要点都相互关联、不可或缺。调试过程中,常见的设备、保护、参数及操作问题,需以科学严谨的态度对待,通过规范流程和技术手段解决。

参考文献

- [1]张品.建筑电气工程中低压配电系统的安装与调试[J].电子测试,2015(12):161-162.
- [2]周方建.建筑电气工程中低压配电系统的安装与调试[J].山西建筑,2014,40(34):139-140.
- [3]孙亮亮.电气安装工程施工技术及应注意的问题分析[J].居舍,2020(07):155-156