

火电厂电气系统的安全运行与故障分析

汪志刚

贵州西电电力股份有限公司鸭溪运营分公司, 贵州 遵义 563108

摘要 : 本文全面介绍了火电厂电气系统的组成、工作原理及其特点, 并深入探讨了火电厂电气系统的安全运行要求、运行人员的安全培训与素质要求、设备的定期检查与维护、预防性试验与保护措施以及应急预案与事故处理。此外, 文章对火电厂电气系统常见故障进行了详细分析, 包括短路故障、接地故障、过电压故障、绝缘故障、设备老化故障和人为操作失误故障, 并介绍了故障诊断技术及常用故障诊断方法。文章还提出了火电厂电气系统安全运行与故障预防的技术措施和管理措施, 旨在提高火电厂电气系统的安全性和可靠性。

关键词 : 火电厂电气系统; 安全运行; 故障分析; 故障诊断; 预防措施; 管理措施

Safe Operation And Fault Analysis Of Electrical System In Thermal Power Plant

Wang Zhigang

Guizhou Xidan Electric Power Co., LTD. Yanxi Operation branch, Guizhou, Zunyi 563108

Abstract : This paper comprehensively introduces the composition, working principle and characteristics of the electrical system of thermal power plant, and deeply discusses the safe operation requirements of the electrical system of thermal power plant, the safety training and quality requirements of the operating personnel, the regular inspection and maintenance of equipment, the preventive test and protection measures, and the emergency plan and accident handling. In addition, the paper analyzes the common faults of thermal power plant electrical system in detail, including short circuit fault, ground fault, overvoltage fault, insulation fault, equipment aging fault and human error fault, and introduces the fault diagnosis technology and common fault diagnosis methods. In order to improve the safety and reliability of electrical system of thermal power plant, technical and management measures for safe operation and fault prevention are also put forward.

Keywords : thermal power plant electrical system; safe operation; fault analysis; fault diagnosis; preventive measures; management measure

引言

随着我国经济的快速发展, 能源需求不断增长, 火电厂作为我国主要的电力来源, 其安全稳定运行对于保障国家能源安全和电力供应具有重要意义。火电厂电气系统是火电厂的核心组成部分, 负责将发电机产生的电能转换为适合用户使用的电能形式, 并通过电网进行传输和分配。然而, 火电厂电气系统在运行过程中常常面临各种故障和安全隐患, 对火电厂的正常运行和电力供应造成威胁。因此, 对火电厂电气系统的安全运行与故障分析进行研究, 提出相应的预防和解决措施, 对于提高火电厂电气系统的安全性和可靠性具有重要意义。

一、火电厂电气系统概述

目前, 我国虽然大力发展绿色电力, 但是仍然高度依赖火力发电的发电方式^[1]。火电厂电气系统作为火力发电厂的核心组成部分, 承担着电能的产生、转换、传输和分配的重要任务。本章将详细介绍火电厂电气系统的组成、工作原理以及其独特的特点, 为后续深入探讨火电厂电气系统的安全运行与故障分析提供基础。

(一) 火电厂电气系统的组成

火电厂的电气系统是一个复杂的网络, 它由多个关键组件构

成, 协同工作以实现电能的有效生成、调节和分配。居于系统核心的是发电机, 它通过电磁感应的魔力, 将旋转的机械能转化为宝贵的电能。变压器则扮演着能量转换的角色, 它能够提升或降低电压, 确保电能能够在不同电网间高效传输。高压开关设备和低压配电设备共同构成了电能控制和分配的网络, 它们确保电能能够按照需求流动, 并安全地到达每个角落。

继电保护装置和自动化装置是电气系统的大脑和神经系统, 它们实时监控着系统的健康状况, 迅速响应各种异常情况, 以保护系统免受损害^[2]。电缆和母线则如同血管和神经, 它们将电能从发电机输送到各个角落, 将整个系统连接成一个有机的整体。

（二）火电厂电气系统的工作原理

火电厂电气系统的运作机制蕴含了深刻的物理原理，其核心依赖于电磁感应定律和电能传输的基本法则。在发电机中，通过精心设计的旋转磁场，导体内的电子被激发，产生电动势，进而转化为源源不断的电能。变压器则是一个神奇的能量转换器，它依据互感原理，巧妙地调整电压比例，使得电能得以在不同的电压级别间转换，以满足不同电网的传输需求。

高压开关设备和低压配电设备如同精准的指挥官，它们通过精细的通断控制，确保电能按照既定的路线流动，高效而有序地分配到各个目的地。继电保护装置和自动化装置构成了电气系统的智能护卫，它们持续不断地监测系统状态，一旦检测到异常，便能迅速采取保护措施，控制电气系统的运行，确保其在各种情况下都能保持安全稳定，为电力供应提供坚如磐石的保障^[9]。

（三）火电厂电气系统的特点

火电厂的电气系统以其独特的工作特性而著称，包括高电压的传输、大电流的流动、运行中的高温环境、噪音污染以及强大的电磁场影响。这些特性对系统的设计和运行提出了严峻的挑战，要求电气设备必须具备卓越的绝缘性能、高效的散热能力和强大的耐压能力。

此外，火电厂电气系统的运行环境复杂多变，常常面临极端的温度波动、湿度变化、灰尘积累等外部因素的影响，这些都可能对电气设备的稳定运行造成不利影响。因此，火电厂电气系统的运行和维护不仅需要高度的专业知识和技能，还要求运维人员具备敏锐的洞察力和丰富的经验，以确保系统能够在苛刻条件下持续、安全、高效地运行。

二、火电厂电气系统安全运行

火电厂电气系统的安全运行对电力供应至关重要。本章将概述确保系统安全的基本要求、运行人员的培训与素质、设备的定期检查与维护、预防性试验和保护措施，以及应急预案和事故处理，以保障电气系统的稳定运作。

（一）安全运行的基本要求

为确保火电厂电气系统的安全运行，以下基本要求必须得到满足：所有设备须遵循国家标准和行业规范，具备出色的绝缘、耐压和散热性能^[4]。电气系统必须配备全面的保护装置，涵盖过电流、短路和过电压保护等，以预防电气故障的发生。此外，电气系统的操作和维护必须严格遵循既定的操作规程和安全规章制度，确保人员安全及设备顺畅运行。

（二）运行人员的安全培训与素质要求

在火电厂电气系统的安全运行中，运行人员扮演着至关重要的角色。他们必须接受全面的专业安全培训，以确保掌握电气系统的基本工作原理、操作技巧以及关键的安全知识。运行人员还需培养强烈的责任感和敏锐的安全意识，以便在遇到电气系统的异常情况时，能够做出快速而准确地判断，采取有效的措施，确保电气系统的安全和稳定运行。

（三）设备的定期检查与维护

为确保火电厂电气系统的安全运行，定期对设备进行检查和维护是不可或缺的。这一过程包括对电气设备的绝缘性能、接线端子、散热性能等关键指标进行细致地检查，以及对接地系统进行必要的检测和维护。此外，维护工作还应涵盖设备的清洁、接线端子的紧固以及损坏部件的及时更换，这些措施共同保障了设备的顺畅运行和延长其使用寿命^[5]。

（四）预防性试验与保护措施

预防性试验是维护火电厂电气系统安全的关键措施。这些定期的试验旨在评估电气设备的绝缘状态和耐压能力，以便及时发现并解决潜在的故障风险。此外，火电厂电气系统必须配备全面的保护措施，包括过电流保护、短路保护和过电压保护等，这些保护装置构成了防止电气故障发生的坚实防线。

（五）应急预案与事故处理

在火电厂电气系统的运行过程中，不时可能遭遇各种事故，包括设备故障和电力系统异常。鉴于此，制定一套完善的应急预案对于事故的预防和处理至关重要。这些预案应当涵盖事故预防措施、应急处理的具体流程以及救援行动的详细步骤。一旦事故发生，应急预案应迅速启动，采取有效措施进行处理，以尽快恢复电气系统的正常运作，确保电力供应的连续性和稳定性。

三、火电厂电气系统常见故障分析

火电厂电气系统在运行过程中可能会遇到各种故障，这些故障对电力供应的稳定性和可靠性造成威胁。

（一）短路故障

短路故障是火电厂电气系统中常见的紧急情况，通常由电气设备的绝缘损坏、接触不良或外部因素如小动物触电、环境潮湿等引发。这些因素导致电流脱离正常电路，形成低阻抗的短路路径，从而导致电流急剧增加^[6]。这种故障不仅会导致设备迅速过热，甚至可能引发火灾，对设备和人员的安全构成严重威胁。因此，短路故障的及时发现和处理是确保火电厂电气系统安全稳定运行的关键。

（二）接地故障

火电厂电气设备工作接地方式分为直流接地和交流接地两种方式，在确定电阻之后，通过提升电流的方式进行协调。如果系统中电流过大，会对设备、作业人员的安全造成威胁^[7]。接地故障通常出现在电气设备的绝缘损坏或者设备与地面之间的绝缘电阻降低时，这会导致电流不当地流向地面。这种故障不仅会干扰电气设备的正常运行，还可能对人员和设备的安全构成威胁。因此，接地故障的及时检测和有效处理是确保火电厂电气系统安全运行的关键措施。

（三）过电压故障

过电压故障往往是由于外部因素，如雷击或电网故障，以及内部因素，如开关操作或设备故障，导致电压瞬间超出设备的承受极限。这种故障不仅会损害设备的绝缘性能，还可能导致设备故障，甚至引发火灾。因此，对过电压故障的快速检测和及时处

理是至关重要的，以避免潜在的灾难性后果。

(四) 绝缘故障

绝缘故障是火电厂电气系统中常见的隐患，通常由于设备长时间运行、环境条件（如潮湿、高温）或设备老化等因素，导致绝缘材料性能逐渐退化。这种故障会削弱设备的绝缘能力，增加故障发生的可能性，并对人员和设备的安全构成威胁^[9]。因此，对绝缘故障的识别和处理是保障火电厂电气系统安全稳定运行的关键环节。

(五) 设备老化故障

设备老化故障是由于长时间连续运行、频繁地启动与停止操作等原因，导致设备性能逐渐衰退。这种老化过程会削弱设备的可靠性，增加故障发生的可能性。因此，对设备进行定期的检查与维护，以及及时更换老化的部件，对于预防设备老化故障和维持火电厂电气系统的稳定运行至关重要。

(六) 人为操作失误故障

人为操作失误故障通常是由操作人员对电气系统的陌生、操作的不规范性，或因疏忽大意所引起的。这种故障可能导致电气设备的损坏、系统故障，甚至引发严重事故。因此，加强操作人员的培训和管理，提升他们的安全意识和操作技能，对于预防人为操作失误故障和确保火电厂电气系统的安全运行至关重要。

四、故障诊断处理方法

(一) 常用故障诊断方法

1. 电气参数分析法：此方法涉及对电气系统关键参数的实时监控，包括电压、电流、功率等。通过对这些参数的波动和异常进行细致分析，能够有效地识别系统潜在的故障问题^[9]。这种故障诊断技术是运维人员的得力工具，它不仅能够迅速捕捉到故障迹象，还能帮助技术人员准确锁定故障源头，从而采取相应的维修措施。

2. 温度监测法：该方法通过持续跟踪设备表面或关键部件的温度变化，来评估设备的健康状况。温度异常往往预示着设备可能存在过热、过载或接触不良等问题。这种监测技术因其简便性和实效性，被广泛应用于故障预警和诊断，有助于预防设备因温度异常导致的损坏。

3. 振动监测法：通过精密的振动传感器，该方法能够捕捉到设备运行时的振动数据，包括频率、幅值和趋势等。通过对这些数据的深入分析，可以及时发现设备轴承损坏、机械不平衡等机械故障。振动监测法是机械故障诊断的重要手段，对于保障设备稳定运行具有重要意义。

4. 油液分析法：该方法通过检测设备润滑油中的颗粒物、污染物和化学成分，来评估设备的磨损状态和潜在的故障风险。油液分析为早期发现润滑系统问题、轴承磨损等故障提供了可能，是一种预防性维护的有效手段。

5. 噪声监测法：通过监测设备运行时产生的噪声，并对其强度、频率和变化趋势进行专业分析，噪声监测法能够帮助识别设备可能存在的机械或电气故障。这种方法的应用，不仅有助于故

障的早期发现，还能为设备的维护和性能优化提供宝贵信息。

(二) 故障处理原则与流程

在处理电气系统故障时，必须优先考虑人员安全，严格遵守安全操作规程，确保所有参与工作的人员在安全的环境中操作^[10]。之后，应迅速而准确地定位故障原因，并采取适当的措施进行修复，以减少故障对系统运行的影响。最终，进行全面系统的检查和维护，以防止类似故障的再次发生，确保系统的长期稳定运行。

故障处理的流程包括：故障的检测与识别、深入的故障诊断、故障的隔离与消除、设备的修复以及故障的详细记录与分析。这些步骤构成了一个闭环的故障处理系统，有助于提高系统的可靠性和稳定性。在故障检测与识别阶段，应使用各种监测工具和技术，如电气参数分析、温度监测、振动监测等，及时发现异常。在深入的故障诊断阶段，需要利用专业知识和先进技术，对故障进行深入分析，确定故障的具体原因和位置。在故障的隔离与消除阶段，采取必要的措施将故障部分从系统中隔离，并进行修复或更换。在设备修复后，进行全面的系统检查和维护，确保系统恢复正常运行。

结束语

未来火电厂电气系统将聚焦智能化、故障诊断技术进步和绿色节能。随着 AI 和大数据的发展，系统将实现智能监控和管理，通过实时分析预测故障并预防。故障诊断技术将采用先进传感器和算法提高识别和定位准确性。同时，环保和能源可持续性要求将促使火电厂减少碳排放，提升能效，采用高效技术和设备，实现环保运行。技术进步和政策引导下，火电厂电气系统将持续智能化、高效化、环保化发展。

参考文献

- [1] 杨耿涛. 火电厂电气自动化控制系统设计 [J]. 无线互联科技, 2023, 20(17): 35-38.
- [2] 王义龙. 火电厂继电保护隐性故障排查措施 [J]. 化学工程与装备, 2022, (09): 244-245+240. DOI: 10.19566/j.cnki.cn35-1285/tq.2022.09.126.
- [3] 孙彬. 某火电厂电气主设备故障智能诊断系统建设 [J]. 自动化应用, 2023, 64(20): 20-23.
- [4] 李小梦. 火电厂电气一次设备故障检测与维修分析 [J]. 中国机械, 2023, (23): 96-99.
- [5] 李前锋. 电网严重故障对火电厂电气系统影响分析 [J]. 电器工业, 2023, (04): 44-47.
- [6] 徐青. 火电厂电气一次设备故障检测与维修探究 [J]. 中国设备工程, 2022, (19): 187-189.
- [7] 刘超. 浅析火电厂电气设备常见故障及处理建议 [J]. 现代工业经济和信息化, 2022, 12(09): 232-233+243. DOI: 10.16525/j.cnki.14-1362/n.2022.09.095.
- [8] 文发红. 火电厂电气设备运行的安全管理和故障处理分析 [J]. 集成电路应用, 2022, 39(09): 60-62. DOI: 10.19339/j.issn.1674-2583.2022.09.022.
- [9] 莫冰. 大型火力发电厂电气控制系统的实现探究 [J]. 现代工业经济和信息化, 2022, 12(05): 150-151+189. DOI: 10.16525/j.cnki.14-1362/n.2022.05.061.
- [10] 王沛然. 火电厂电气运行中接地故障分析及处理方法 [J]. 黑龙江科学, 2022, 13(06): 73-75.