

火电机组 MFT 控制回路分析及可靠性探讨

Discussion on the Analysis and Reliability Discussion of MFT Control Circuit in Thermal Power Units

王程程 王栋 韩刚 孙亚伟

Chengcheng Wang Dong Wang Gang Han Yawei Sun

国家能源蓬莱发电有限公司 中国 · 山东 蓬莱 265600

National Energy Penglai Power Generation Co., Ltd., Penglai, Shandong, 265600, China

摘要: 随着能源行业的不断发展,火电机组作为主要的电力供应来源,其安全性和可靠性显得尤为重要。在火电机组的运行中,MFT(主燃料跳闸)控制回路是一个关键的安全系统,它能在机组出现故障时迅速切断主燃料供应,避免事故扩大。论文对火电机组的 MFT 控制回路进行分析,并对其可靠性进行探讨。

Abstract: With the continuous development of the energy industry, the safety and reliability of thermal power units, as the main source of power supply, are particularly important. In the operation of thermal power units, the MFT (Main Fuel Trip) control circuit is a critical safety system that can quickly cut off the main fuel supply in the event of a unit failure, avoiding the expansion of accidents. The paper analyzes the MFT control circuit of thermal power units and explores its reliability.

关键词: 火电机组; MFT 控制回路; 可靠性

Keywords: thermal power unit; MFT control circuit; reliability

DOI: 10.12346/peti.v6i1.9071

1 引言

在过去的几十年中,火电机组已经成为全球电力供应的主要来源。然而,随着机组规模的扩大和技术复杂性的增加,安全问题也日益凸显。MFT 控制回路作为机组的关键安全装置,其在故障时的快速响应能够避免严重事故的发生。但同时,如何提高其可靠性,确保在关键时刻正常运作,成为行业内的研究重点。

2 火电机组 MFT 控制回路的重要性

火电机组 MFT 控制回路对于火电机组的安全稳定运行起着至关重要的作用。在现代电力工业中,火电机组作为主要的电力供应来源,其运行的安全性和可靠性直接关系到电力系统的稳定和电力供应的可靠性。而 MFT 控制回路作为火电机组的关键安全系统之一,具有不可替代的作用。

MFT 控制回路能够迅速切断主燃料供应,这是避免事故扩大的关键措施。在火电机组运行过程中,一旦出现严重

故障或异常情况,如果不能及时采取措施,就有可能引发事故,甚至导致机组损坏和人员伤亡。而 MFT 控制回路能够在接收到跳闸信号后迅速动作,切断主燃料供应,确保机组安全停机。这种快速响应的能力,为机组的安全运行提供了有力的保障^[1]。

另外,MFT 控制回路对于火电机组的经济运行有着重要意义。现代火电机组通常采用复杂的控制系统,以实现高效、经济地运行。然而,一旦控制系统出现故障,就有可能导致机组运行参数偏离设计值,进而影响机组的经济性。而 MFT 控制回路作为机组的关键安全系统,能够在必要时切断燃料供应,避免机组运行参数进一步恶化,从而减少经济损失。

3 MFT 控制回路详细分析

3.1 跳闸逻辑控制器

跳闸逻辑控制器是一个高度集成和复杂的电子系统,它

【作者简介】王程程(1993-),女,中国山东临沂人,硕士,工程师,从事热控测量检修研究。

通常由一系列的硬件电路和嵌入式软件组成，用于实现各种逻辑功能。这些硬件和软件的设计都经过了严格的测试和验证，以确保其能够在各种恶劣环境下可靠工作。

在接收到输入信号后，跳闸逻辑控制器会对其进行快速而精确的处理。这些输入信号可能来自机组的各种传感器、开关和保护装置，每一个信号都代表着机组的一种状态或一种异常情况。跳闸逻辑控制器会在微秒级别内对这些信号进行分析和判断，不会延误机组的安全保护。

跳闸逻辑控制器的核心是其内部的逻辑算法。这些算法通常是基于大量的实验数据和工程经验开发的，用于确定在什么情况下应该触发 MFT。这些算法不仅考虑了机组的正常运行状态，还充分考虑了各种可能的故障模式和异常情况。

3.2 执行机构

执行机构是一个精密且耐用的机械系统，它通常由电动或气动驱动器、传动机构和切断装置等组成。这些部件都经过精密加工和严格测试，以确保在关键时刻能够可靠动作。

执行机构的动作必须迅速而准确。当跳闸逻辑控制器发出 MFT 指令时，执行机构会在毫秒级别内响应，并启动切断装置。这个过程中，传动机构会迅速将驱动器的动力传递到切断装置，以实现燃料的快速切断。这种快速响应能力确保了机组在发生故障时能够及时停机，避免事故扩大。

除了快速响应外，执行机构的准确性也至关重要。它必须精确地将跳闸逻辑控制器的指令转化为相应的机械动作。任何误差都可能导致燃料供应未能完全切断，进而对机组安全构成威胁。因此，执行机构的设计和制造都遵循着极高的精度标准，并经过多次测试和校准，以确保其准确性。

3.3 传感器

在火电机组这样复杂而关键的系统中，传感器数据的准确性直接关系到 MFT 控制回路的正确动作。因此，传感器通常采用先进的测量原理和精密的制造工艺，以确保其测量结果的准确性和稳定性。

传感器的种类多样，根据监测参数的不同，可能会有温度传感器、压力传感器、流量传感器等多种类型。这些传感器能够监测火电机组运行过程中的关键参数，如烟气温度的、锅炉压力、燃料流量等。当这些参数超出安全范围时，传感器会及时将信号传递给跳闸逻辑控制器，触发 MFT 动作，确保机组的安全。

除了准确性外，传感器的响应速度也至关重要。火电机组的运行状态瞬息万变，任何延迟都可能导致不可预测的风险。因此，传感器通常被设计成快速响应的类型，能够在短时间内捕捉到参数的微小变化。这样，即使发生瞬间的异常情况，MFT 控制回路也能及时响应，确保机组的稳定运行。

3.4 控制回路硬接线与软逻辑设计

硬接线设计在 MFT 控制回路中采用实体导线连接各个设备和元件，确保了信号的稳定传输。硬接线设计的优势在

于其可靠性和稳定性。通过实际导线连接，回路能够防止信号干扰和误动作，确保控制指令的准确传递。同时，硬接线设计还具有较低的延迟，能够快速响应跳闸逻辑控制器的指令，保证 MFT 的快速动作。

然而，单纯依赖硬接线设计可能无法满足复杂控制逻辑的需求。因此，在 MFT 控制回路中还融入了软逻辑设计。软逻辑设计利用可编程逻辑控制器（PLC）或集散控制系统（DCS）等软件平台，实现跳闸逻辑的控制和运算。通过编程和配置，软逻辑设计可以实现复杂的逻辑判断和运算，提高控制回路的灵活性和可维护性。同时，软逻辑设计还具备远程监控和故障诊断的功能，方便运维人员对回路进行实时监测和故障排除^[2]。

在硬接线与软逻辑的结合设计中，两者相互补充，形成了高效可靠的控制回路。硬接线确保了信号的稳定传输和快速响应，而软逻辑则提供了灵活的逻辑控制和远程监测能力。这种设计方式既保留了传统硬接线设计的可靠性，又充分利用了现代软逻辑技术的优势，使 MFT 控制回路更加适应复杂多变的运行工况。

4 MFT 控制回路的可靠性探讨

4.1 设备选型对可靠性的影响

设备选型涉及选择适当的硬件设备来构建 MFT 控制回路。这包括传感器、执行机构、逻辑控制器等关键组件。在选择这些设备时，首先要考虑的是设备的质量和性能。优质的设备通常具备更高的工作稳定性和更长的使用寿命，从而能够提高整个回路的可靠性。因此，在设备选型过程中，应该对各个厂商的产品进行综合评估，选择经过验证且具有良好声誉的设备。

设备选型的合理性还与设备的适应性密切相关。火电机组运行环境复杂多变，设备必须具备适应各种恶劣环境的能力。例如，高温、高压、腐蚀等环境因素都可能对设备的性能产生不利影响。因此，在选型过程中，应注重选择那些经过特殊设计或处理的设备，以确保它们能够在恶劣环境下稳定工作。同时，设备的防护等级和耐候性能也是评估其适应性的重要指标。

除了设备的质量和适应性外，设备选型还应考虑设备的可维护性和可扩展性。可维护性指的是设备在出现故障时能够方便快捷地进行维修和更换。这要求设备具有良好的模块化设计，以便于定位故障、更换损坏部件。而可扩展性则是指设备能够适应未来技术升级和扩展的需求。随着技术的发展，MFT 控制回路可能需要进行改进和升级，因此选择的设备应具备一定的扩展能力，以便在未来能够方便地进行改造和升级。

4.2 冗余设计的应用与可靠性增强

在 MFT 控制回路中，冗余设计可以应用于各个关键部分。例如，对于执行机构，可以采用双重或多重执行机构的

设计。当一个执行机构发生故障时,备用的执行机构会自动启动,确保燃料的切断功能不受影响。类似地,对于传感器和逻辑控制器等关键组件,也可以引入冗余设计,以增加整个控制回路的可靠性。

冗余设计不仅涉及硬件层面的冗余,还可以包括软件层面的冗余。在MFT控制回路的软件设计中,可以采用多重软件算法或冗余编程技术,以确保在软件故障时不会导致整个回路的失效。这种软件冗余设计可以通过故障检测、故障隔离和故障恢复等机制,提高软件的健壮性和可靠性。

除了硬件和软件的冗余设计外,通信网络的冗余也是MFT控制回路可靠性增强的重要手段。通过构建冗余的通信网络,可以确保信号传输的可靠性和稳定性。当主通信网络出现故障时,备用通信网络能够接管信号的传输任务,避免通信中断对控制回路的影响。

4.3 定期维护在保障可靠性中的作用

首先,定期维护能够有效地发现和修复潜在的设备故障。在MFT控制回路中,各种设备如传感器、执行机构等经过长时间运行,可能会出现磨损、老化或松动等问题。这些问题如果得不到及时处理,就可能引发故障,影响控制回路的正常运行。通过定期维护,可以对这些设备进行检查和测试,及时发现并修复潜在故障,确保设备的可靠运行。

其次,定期维护还可以预防性地更换磨损件和易损件。在MFT控制回路中,一些部件由于长时间受力和摩擦,容易出现磨损现象。如果这些磨损件得不到及时更换,就可能引发更严重的故障。通过定期维护,可以根据设备的使用情况和经验数据,预测哪些部件可能即将磨损,并提前进行更换。这样可以避免因部件磨损导致的故障停机,提高MFT控制回路的可靠性。

最后,定期维护还可以对MFT控制回路进行性能调试和优化。在运行过程中,由于各种因素的影响,如环境变化、负载波动等,MFT控制回路的性能可能会发生变化。通过定期维护,可以对回路进行全面的性能调试,调整参数和配置,使其恢复到最佳工作状态。同时,根据维护过程中的数据和经验,还可以对回路进行优化改进,提高其性能和适应性^[3]。

4.4 抗干扰措施的重要性

首先,抗干扰措施能够减少电磁干扰对MFT控制回路的影响。通过合理的布线和屏蔽设计,可以降低回路受到外部电磁场的干扰。例如,采用双绞线或屏蔽电缆进行信号传输,可以有效地抑制电磁干扰的耦合。此外,对关键设备如传感器、逻辑控制器等采用金属外壳进行屏蔽,也能够有效地防止电磁干扰的侵入。

其次,抗干扰措施可以提高MFT控制回路的信噪比。在强电磁干扰环境下,回路中的信号可能会受到严重干扰,导致信噪比下降,进而影响回路的判断和执行。通过采用抗干扰技术,如信号滤波、放大和隔离等,可以有效地提高回

路的信噪比,确保信号的准确传输和处理。这些技术的应用可以有效地抑制干扰信号,提取出有用的信号,保证MFT控制回路的正常运行。

最后,抗干扰措施还可以提高MFT控制回路的适应性。火电机组运行环境多变,可能存在不同的干扰源和干扰强度。通过采用自适应的抗干扰措施,可以根据实际情况调整回路的参数和配置,使其在不同的干扰环境下都能可靠工作。这种自适应的能力可以增强MFT控制回路的适应性,提高其在各种恶劣环境下的可靠性。

4.5 故障诊断与预警系统的建立与完善

在运行过程中,MFT控制回路可能面临各种故障风险,如传感器故障、执行机构失灵、电气连接问题等。一个完善的故障诊断系统能够快速、准确地定位故障源头,帮助运维人员迅速采取相应措施。通过实时监测关键参数、比对正常运行状态,故障诊断系统能够迅速发现异常,并通过报警或故障记录的方式通知运维人员。这样一来,可以大幅缩短故障发现和处理的時間,避免因故障扩大导致的严重后果。

此外,预警系统在MFT控制回路可靠性方面起到事半功倍的效果。预警系统通过对历史数据、运行趋势等进行分析,能够预测潜在的故障风险,并在故障发生前进行预警。这种预防性的维护方式可以避免许多不必要的停机事故,提高机组的整体运行效率。预警系统还可以根据历史数据和统计分析,对设备进行寿命预测,提醒运维人员在设备达到寿命前进行更换或维修,从而避免因设备老化引起的故障。

为了实现故障诊断与预警系统的建立与完善,需要综合运用多种技术手段,包括运用先进的传感器技术,提高参数监测的准确性和实时性;利用数据分析和人工智能技术,对大量运行数据进行处理,提取故障特征和模式;借助云计算和大数据技术,实现故障数据的共享和分析,提升系统故障诊断和预警的能力。

5 结语

火电机组MFT控制回路是确保机组安全稳定运行的关键环节。通过论文的分析与探讨,我们更加明确了其内部工作原理及确保可靠性的多重措施。随着技术的进步和电力行业的持续发展,我们需要对MFT控制回路进行持续的研究和优化,进一步提高其可靠性,确保火电机组在各种工况下的安全稳定运行,为全球的电力供应提供坚实保障。

参考文献

- [1] 古栖铭.火电机组热工保护可靠性研究[J].自动化应用,2023,64(18):101-102.
- [2] 杨宏伟.火电机组主保护可靠性分析及优化措施[J].设备管理与维修,2023(15):149-151.
- [3] 张镔,张武志,司瑞才,等.火电机组MFT控制回路分析及可靠性探讨[J].锅炉技术,2022,53(2):68-73.