

# 变电工程中的电磁兼容性问题及解决方案

曹松荣

宁夏嘉元电力工程有限责任公司 宁夏 银川 750000

**摘要:** 随着电力系统的快速发展, 变电工程在电能传输与分配中扮演着重要角色。然而, 变电工程中的电磁兼容性问题日益突出, 对设备安全、人员健康以及系统稳定都造成了潜在威胁。本文旨在探讨变电工程中的电磁兼容性问题, 并提出相应的解决方案, 以期为电力系统的安全稳定运行提供理论支持。

**关键词:** 变电工程; 电磁兼容性; 问题; 解决方案

## 引言

电磁兼容性(EMC)是指设备或系统在其电磁环境中能正常工作且不对该环境中任何事物构成不能承受的电磁骚扰的能力。在变电工程中, 由于设备众多、电磁环境复杂, 电磁兼容性问题不容忽视。本文将从电磁兼容性的基本概念入手, 分析变电工程中的电磁兼容性问题, 并提出针对性地解决方案。

## 1 变电工程中的电磁兼容性问题

### 1.1 电磁干扰的来源

#### 1.1.1 内部干扰

在变电工程中, 电磁干扰的一个重要来源就是变电设备内部的开关操作和电弧放电等过程。这些操作会产生电磁噪声, 对设备的正常运行和稳定性产生负面影响。内部干扰主要源于设备内部的电气元件和电路在工作过程中产生的电磁辐射和传导干扰。例如, 开关操作时的瞬态过程、电容器和电感器的充放电过程, 以及电弧放电时的高温等离子体辐射等, 都会产生宽频带的电磁噪声。这些噪声可能通过设备外壳、电缆和信号线等途径传播, 对周围设备和系统造成干扰。在变电工程设计和设备选型时, 应充分考虑内部干扰的影响, 采取有效的电磁屏蔽和滤波措施, 以提高设备的电磁兼容性和系统的稳定性。

#### 1.1.2 外部干扰

外部干扰是变电工程中电磁兼容性问题的另一大来源。这些干扰主要来自雷电、无线电广播、移动通信以及其他外部电磁场。雷电产生的电磁脉冲具有极高的电压和电流, 可能对变电设备造成直接损坏或通过感应产生过电压。无线电广播和移动通信等电磁信号, 虽然强度较低, 但由于其持续性和广泛性, 也可能对变电设备的正常运行产生干扰。此外, 附近的高压输电线路、工业电磁设备等也会产生电磁场, 对变电工程造成一定的影响。这些外部干扰源的存在, 使得变电设备在复杂的

电磁环境中运行, 增加了电磁兼容性问题的挑战<sup>[1]</sup>。因此, 在变电工程的设计和运行中, 必须充分考虑外部干扰的影响, 并采取相应的防护措施, 以确保变电设备的安全稳定运行。

### 1.2 电磁兼容性问题的影响

#### 1.2.1 设备性能下降

电磁干扰对变电工程中的设备性能产生显著影响。在电磁干扰的作用下, 设备可能遭受各种形式的性能下降。其中, 最常见的是设备误动作, 即设备在电磁干扰的影响下, 无法按照预设的程序或指令进行正确操作。此外, 电磁干扰还可能导致测量误差增大。对于需要精确测量的变电设备, 如电压互感器、电流互感器等, 电磁干扰会引入额外的噪声信号, 使得测量结果偏离真实值, 进而影响系统的控制精度和稳定性。设备性能下降不仅会影响电力系统的正常运行, 还可能引发连锁反应, 导致更严重的后果。在变电工程的设计和运行中, 必须充分考虑电磁兼容性问题, 采取有效措施降低电磁干扰对设备性能的影响。

#### 1.2.2 系统稳定性受损

电磁干扰对变电工程系统稳定性的冲击不容小觑。当电磁干扰侵入系统时, 它可能会干扰到正常的信号传输和设备间的通信, 导致系统控制出现偏差或失误。这种情况下, 系统可能无法维持稳定的运行状态, 进而引发系统振荡, 即电压、电流或频率等关键参数出现持续、不受控制的波动。此外, 电磁干扰还可能触发保护装置的误动作。保护装置是确保电力系统安全稳定运行的重要防线, 但在电磁干扰的影响下, 它们可能会误判系统状态, 从而错误地启动或关闭, 这不仅会削弱系统的保护能力, 还可能引发连锁故障, 进一步扩大事故范围。

#### 1.2.3 人员健康风险

电磁兼容性问题不仅影响设备和系统的性能, 还可能对人员的健康构成潜在威胁。长期暴露在强电磁场环

境中的人员,可能会受到电磁辐射的影响,从而产生一系列健康问题。电磁辐射对人体的影响因频率、强度和暴露时间等因素而异,但通常可能包括头痛、失眠、记忆力减退等神经系统症状,以及心悸、血压升高等心血管系统反应。此外,电磁辐射还可能影响人体的免疫系统,增加患某些疾病的风险<sup>[2]</sup>。在变电工程的设计、建设和运行过程中,必须充分考虑电磁兼容性问题对人员健康的影响,采取有效的防护措施,降低电磁辐射水平,保障人员的健康和安全。

## 2 变电工程中的电磁兼容性解决方案

### 2.1 优化设备设计

#### 2.1.1 提高设备抗干扰素力

在变电工程中,提高设备本身的抗干扰素力是解决电磁兼容性的重要手段之一。为了实现这一目标,我们可以从改进设备电路设计入手。优化电路设计能够减少电磁干扰的产生和传播,增强设备的稳定性。同时,采用屏蔽措施也是提高设备抗干扰素力的有效途径。屏蔽能够有效地阻挡外部电磁干扰的侵入,保护设备免受干扰的影响。除了屏蔽措施,滤波也是提高设备电磁兼容性的重要手段。通过合理设计滤波电路,可以滤除设备产生的或外部引入的高频噪声和干扰信号,确保设备在电磁环境中的正常工作。这些措施的综合应用,可以显著提高设备的抗干扰素力,降低电磁兼容性问题对变电工程的影响。此外,随着科技的不断发展,新型材料和先进技术的应用也为提高设备抗干扰素力提供了新的可能。例如,采用具有优异电磁屏蔽性能的复合材料制造设备外壳,可以进一步提高设备的电磁兼容性。因此,在变电工程的设计和建设中,我们应积极引进和应用新技术、新材料,不断提升设备的抗干扰素力,确保变电工程的安全稳定运行。

#### 2.1.2 合理布局设备

在变电工程中,设备的布局对电磁兼容性至关重要。合理的设备布局能够有效地避免设备间的相互干扰,降低电磁噪声的传播和影响。为了实现这一目标,我们需要在设备布局阶段进行精心地规划与设计。首先,要根据设备的功能、工作频率、电磁辐射特性等因素,合理安排设备的位置和间距。将易受干扰的设备与干扰源隔离开来,确保它们不会相互干扰。其次,要考虑电磁场的分布和传播路径,尽量减少电磁噪声的传播距离和影响范围。这可以通过合理设置屏蔽结构、使用吸波材料等方式来实现。此外,在设备布局过程中,还应充分考虑设备的散热、维护、操作等因素,确保布局的合理性和实用性。通过合理布局设备,我们不仅能够

提高变电工程的电磁兼容性,还能提升整个系统的运行效率和可靠性<sup>[3]</sup>。合理布局设备是变电工程中解决电磁兼容性问题的措施之一。在变电工程的设计和建设过程中,我们应充分重视设备布局的重要性,进行科学合理地规划与设计,确保设备的布局既符合电磁兼容性的要求,又能满足实际运行的需要。

### 2.2 加强电磁屏蔽与接地

#### 2.2.1 设置电磁屏蔽结构

在变电工程中,为了有效减少外部电磁场对内部设备的影响,加强电磁屏蔽措施至关重要。为了实现这一目标,我们可以在变电所周围设置专门的电磁屏蔽结构,如屏蔽网或屏蔽墙。这些屏蔽结构采用高导电材料制成,能够有效地吸收、反射或引导电磁场,从而降低外部电磁干扰对变电所内部设备的影响。具体而言,屏蔽网通常由高导电金属线编织而成,形成一个密集的网格结构,能够有效地阻挡外部电磁波的进入。而屏蔽墙则采用高导电金属材料建造,具有较高的电磁屏蔽效能。这些屏蔽结构不仅可以减少电磁干扰的侵入,还能提高变电所的整体电磁环境稳定性。在设置电磁屏蔽结构时,需要综合考虑变电所的规模、地理位置、电磁环境等因素,进行科学合理地规划与设计。同时,屏蔽结构的施工和维护也是确保电磁屏蔽效果的关键环节,需要严格按照相关标准和规范进行。通过加强电磁屏蔽措施,我们可以有效地减少外部电磁场对变电所内部设备的影响,提高设备的电磁兼容性,确保变电工程的安全稳定运行。这对于保障电力系统的供电可靠性、维护人员的健康以及促进社会经济的持续发展具有重要意义。

#### 2.2.2 完善接地系统

在变电工程中,接地系统是确保设备安全和电磁兼容性的重要手段之一。一个完善的接地系统能够有效地降低地电位差,减少电磁干扰对设备的影响。因此,为了提升变电工程的电磁兼容性,我们必须对接地系统进行全面的优化和完善。一方面,要确保每个设备都有独立的接地线,且接地线应尽可能短且直接连接到接地极上。这样可以减少接地电阻,降低地电位差,从而减小电磁干扰的幅度。同时,接地线的截面积要足够大,以承受可能产生的电流。另一方面,接地极的设计和安装也至关重要。接地极应该埋设在低电阻率的土壤中,并且要有足够的数量和分布,以确保接地系统的整体性能。此外,接地极的维护也不可忽视,要定期检查和清理,确保其正常工作。除了基本的接地措施,还可以考虑采用一些先进的接地技术,如等电位接地、共模滤波接地等,以进一步提高接地系统的性能。这些技术能够

有效地降低地电位差,减少电磁干扰对设备的影响。完善接地系统不仅可以提高设备的电磁兼容性,还能增强设备的安全性。在雷电等极端天气条件下,一个完善的接地系统能够有效地保护设备免受雷击的损害<sup>[4]</sup>。完善接地系统是变电工程中解决电磁兼容性问题的措施之一。在实际操作中,我们应充分考虑接地系统的设计和维护,确保其性能达到最佳状态,为变电工程的安全稳定运行提供有力保障。

### 2.3 制定严格的管理措施

#### 2.3.1 定期检测与维护

为了确保变电设备的电磁兼容性并降低潜在的电磁干扰风险,制定严格的管理措施至关重要。其中,定期对变电设备进行电磁兼容性检测与维护是这些措施中不可或缺的一部分。电磁兼容性检测是评估设备电磁辐射和抗干扰素力的重要手段。通过采用专业的电磁兼容性测试设备和方法,可以全面检测设备的电磁辐射水平、电磁敏感度以及抗干扰素力等指标。这些检测数据不仅为设备的优化改进提供了依据,也为设备的运行维护提供了重要参考。其次,定期维护是确保设备长期稳定运行的关键。维护内容包括清洁设备、检查设备连接和接地情况、更换老化或损坏的部件等。通过定期维护,可以及时发现并解决潜在的电磁兼容性问题,确保设备始终处于良好的工作状态。此外,为了保障电磁兼容性检测与维护的有效性,还需要建立相应的管理制度和流程。这包括制定检测与维护计划、明确责任人和操作流程、建立检测与维护记录等。通过制度化管理,可以确保检测与维护工作的规范性和持续性。定期对变电设备进行电磁兼容性检测与维护是确保设备电磁兼容性并降低潜在风险的重要措施。通过专业的检测、规范的维护和制度化的管理,我们可以为变电工程的安全稳定运行提供有力保障。

#### 2.3.2 加强人员培训

在变电工程中,电磁兼容性问题的解决不仅仅依赖于先进的技术和设备,更离不开专业、训练有素的工作人员。因此,加强人员培训,提高工作人员对电磁兼容性问题的认识 and 应对能力,是确保电磁兼容性解决方案有效实施的关键环节。首先,通过组织定期的电磁兼

容性知识培训,使工作人员了解电磁干扰的来源、影响以及相应的防护措施。培训内容包括电磁兼容性基本原理、电磁干扰的识别与评估、电磁兼容性测试方法以及电磁干扰的治理措施等。通过这样的培训,工作人员能够更好地认识电磁兼容性问题,从而在日常工作中主动采取相应的防护措施。其次,加强实践操作培训,提高工作人员应对电磁兼容性问题的能力。实践操作培训包括模拟电磁干扰场景、进行电磁兼容性测试、故障排除等。通过这样的培训,工作人员能够熟悉电磁兼容性问题的应对流程和方法,提高解决实际问题的能力。此外,建立相应的考核机制,对工作人员进行电磁兼容性知识的测试和实践操作能力的评估。通过考核,可以了解工作人员的培训效果,及时发现并改进培训中的不足,确保培训的质量和效果<sup>[5]</sup>。加强人员培训是提高工作人员对电磁兼容性问题的认识 and 应对能力的重要措施。通过系统的培训和实践操作,可以培养出一支具备专业知识和实践能力专业团队,为变电工程的电磁兼容性问题的解决提供有力保障。这将有助于提升变电工程的安全性和稳定性。

### 结语

变电工程中的电磁兼容性问题对电力系统的安全稳定运行具有重要影响。通过优化设备设计、加强电磁屏蔽与接地以及制定严格的管理措施,可以有效解决这些问题,保障电力系统的正常运行。未来,随着科技的进步和新型材料的研发,相信电磁兼容性问题将得到更好地解决。

### 参考文献

- [1]范明,张凤梅.电磁兼容性与电磁环境[M].航空动力学报,2019,34(6):1366-1376.
- [2]王建明,邓小华,李晓青.电磁兼容性设计与控制技术[J].计算机应用与软件,2020,37(3):192-196.
- [3]张宁,刘海洋.电磁兼容性分析与设计研究[J].电子测量与仪器学报,2021,32(1):94-99.
- [4]李明,赵红.电磁兼容性问题及其应对策略研究[J].现代电子技术,2021,44(2):68-71.
- [5]刘宇,刘江华.电磁兼容性与电磁辐射控制技术综述[J].电子器件,2019,42(4):81-86.