

电站电气主接线设计及主变压器的选择

马少轩

中国核电工程有限公司河北分公司, 河北 石家庄 050000

[摘要] 在当前能源结构转型的情况下, 智能化与绿色化的转型正在传统电力行业中进行。技术创新, 尤其是智能电网与可再生能源的广泛应用, 正推动着电力系统的深刻变革。作为电力生产的重要环节, 电站的电气主接线设计与变压器选型, 必须紧跟技术进步与政策导向, 以确保电力供应的安全与高效。随着城市化进程的加快, 电力需求愈发多样化与复杂化, 这给电站设计带来了更高的要求。因此, 在电站电气主接线设计及主变压器选择过程中, 需综合考虑各种技术与经济因素, 以实现电力系统的最佳配置。

[关键词] 电站; 电气主接线设计; 主变压器

DOI: 10.33142/ec.v7i11.14221

中图分类号: TM645

文献标识码: A

Design of Main Electrical Wiring for Power Stations and Selection of Main Transformers

MA Shaoxuan

Hebei Branch of China Nuclear Power Engineering Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

Abstract: In the current situation of energy structure transformation, the transformation towards intelligence and greenness is taking place in the traditional power industry. Technological innovation, especially the widespread application of smart grids and renewable energy, is driving profound changes in the power system. As an important part of power production, the electrical main wiring design and transformer selection of power stations must closely follow technological progress and policy guidance to ensure the safety and efficiency of power supply. With the acceleration of urbanization, the demand for electricity is becoming increasingly diversified and complex, which brings higher requirements to the design of power stations. Therefore, in the design of the main electrical wiring and selection of the main transformer for power stations, various technical and economic factors need to be comprehensively considered to achieve the optimal configuration of the power system.

Keywords: power station; electrical main wiring design; main transformers

引言

随着全球能源需求的持续增长, 电力行业所面临的挑战与机遇前所未有, 电站电气主接线设计与主变压器选择显得尤为关键。作为电力系统的核心部分, 电气主接线直接影响着电力的分配、可靠性与安全性。同时, 主变压器作为电力传输中不可或缺的设备, 其性能对系统的稳定性与经济性具有重要影响。因此, 深入研究电站电气主接线设计原则及主变压器选择标准, 能够提升电力系统的整体运行效率, 也有助于实现可持续发展目标。

1 电站电气主接线设计

1.1 设计原则

1.1.1 可靠性

在电站电气主接线设计中, 确保系统安全与稳定运行的关键原则便是可靠性。采用多种冗余措施以预防设备故障, 设计阶段应考虑实施双母线接线方案或设置备用电源, 如此一来, 若某个组件发生故障, 依然能够通过其他线路保持供电确保电力不间断。合理配置的断路器与熔断器等保护装置, 有助于有效隔离故障设备, 从而避免对正常运行设备的影响。系统的可靠性还需通过严谨的测试与检验

予以确认, 设计完成后应进行全面的系统测试, 包括短路试验与负荷试验, 以验证设备在不同工况下的性能。定期的维护与检修同样不可或缺, 有助于确保设备始终保持最佳状态, 并能及时发现潜在问题。考虑到自然灾害及其他突发事件的影响, 设计应具备一定的抗干扰能力与适应性。设备的防护等级必须符合环境要求, 以避免因潮湿、灰尘或电磁干扰导致的故障。

1.1.2 适应性

在电站电气主接线设计中, 确保系统灵活应对变化的重要原则便是适应性。随着电力需求波动日益频繁, 未来负荷的增长与变化必须被充分考虑。选择灵活的接线方案, 如双母线或环形接线, 能够在满足当前需求的同时, 简化未来扩展所需的改动, 这种前瞻性的设计减少了后续改造所需的时间与经济成本。适应性同样体现在对新技术的接纳与集成能力上, 智能电网与可再生能源的迅速发展, 使得电站必须能够与新设备和技术无缝连接。在设计中, 信息通信技术的应用应被纳入考虑, 以便未来轻松接入新型设备, 实现更高效的能源管理与调度。设计的灵活性必须具备, 以应对政策变化及市场需求的调整。例如, 电价政

策或环境法规的改变,可能要求技术改造或优化,通过合理布局与模块化设计,电站能够迅速响应这些变化,确保在动态市场中保持竞争力。

1.1.3 可操作性

在电站电气主接线设计中,确保系统高效、安全运行的基本要求便是可操作性。重视操作界面的友好性与直观性应成为设计的重点,以便操作人员能够迅速理解并执行所需操作,通过采用图形化的控制系统与清晰的指示标识,人员在复杂情况下能够更轻松地进行监控与管理,从而降低操作失误的风险。系统的可操作性同样需要体现在对各种故障的快速响应能力上,完善的监控与报警机制应被设计纳入,实时检测设备状态并及时发出预警,这种智能化管理不仅提升了反应速度,更为决策提供了重要依据,使操作人员能够迅速采取有效措施减小故障对供电的影响。增强可操作性的另一个关键环节是培训与模拟演练,定期对操作人员进行系统操作培训与应急演练,有助于提升其对设备的熟悉度与应变能力,使其在实际操作中更加得心应手。

1.2 主接线方案类型

1.2.1 单母线接线

单母线接线方案是一种在电站电气主接线中常见的基本布局,主要通过一条母线连接各个电气设备,优势在于结构简单且成本低,适用于负荷较小且对供电可靠性要求不高的环境,由于仅使用一条母线,设计与施工相对简便,设备之间的连接较为直接,便于后续的维护与检修。然而,单母线接线方案也存在局限性,其中最显著的缺点为可靠性较低,当母线发生故障或需要进行检修时,整个系统的供电将受到影响,进而增加停电的风险^[1]。因此,在设计过程中,备用措施的设置需被充分考虑,例如预留适当的接线位置,以便未来灵活接入双母线或其他冗余系统。在运行过程中,加强监控对单母线接线方案尤为重要,以便及时发现潜在的故障风险,从而减少对供电的影响。尽管面临这些挑战,凭借其经济性与易维护性,单母线接线仍在一些小型变电站和配电系统中占据重要地位,在初期投资有限的情况下,这一方案仍然是一种理想选择。

1.2.2 双母线接线

双母线接线方案是一种旨在提升电力系统可靠性与灵活性的接线方式,广泛应用于大型变电站及关键电力设施。通过设置两条母线,各电气设备得以灵活连接至任一母线,这种设计不仅增强了供电的可靠性,还便利了设备的检修与维护。主要优势在于冗余特性,若一条母线出现故障或需进行维护,系统可迅速切换至另一条母线,确保电力供应的连续性,这种无缝切换显著降低了停电风险,尤其在对供电要求极高的环境中,如医院、数据中心及重要工业设施尤为关键。双母线的灵活性还使负荷调整与设备扩展变得更加简便,由于两条母线可同时使用,系统能够实现负荷的均衡分配,从而优化运行效率。在未来进行

设备增加或改造时,双母线设计允许在不中断供电的情况下完成必要的改造工作。尽管双母线方案的初期投资及维护成本较单母线方案高,但所提供的可靠性与灵活性无疑为电力系统的稳定运行提供了强有力的支持。因此,在现代电站设计中,双母线接线成为不可或缺的一部分,尤其在对电力供应安全性要求严格的场合。

1.2.3 环形接线

环形接线方案是一种创新的电气接线方式,旨在提升电力系统的可靠性与供电灵活性。在此布局中,电气设备通过一条闭合的环形母线相互连接形成一个整体,这种设计提供了冗余路径,有效降低了系统单点故障的风险。显著优势在于出色的供电稳定性,当环形接线中的某一部分发生故障时,电流可通过其他路径流动,确保电力供应不受影响,这种灵活的供电方式尤其适合负荷波动较大或对供电可靠性要求高的场合,如大型工业园区和城市配电网。此外,运行与维护的便利性同样是环形接线的突出特点,由于设计中的冗余性,设备的检修与替换可在不影响整体供电的情况下进行,从而提高维护效率,减少停电对用户的影响,动态调整负荷的能力也使得系统能更好地适应实际需求。尽管环形接线的设计与实施较为复杂,且初期投资相对较高,但在供电安全性、可靠性及维护便利性方面,其优势无疑使其成为现代电力系统设计中的重要选择,尤其在应对日益增长的电力需求与更高的供电标准时。

1.3 接线设计中的安全性分析

在电站接线设计中,安全性分析的重要性不容忽视,直接影响着电力系统的稳定性与可靠性。设计阶段短路保护机制的充分考虑至关重要,以确保在短路故障发生时,系统能迅速切断故障电流,从而防止设备遭受严重损坏及潜在的安全隐患。合理的保护设备选择,如断路器与熔断器,并配备适当的保护等级可以有效增强系统抵御短路故障的能力。围绕安全性进行的设备配置与选型同样不可或缺。在设计过程中,应优先选择高安全标准及良好抗干扰能力的设备,以确保其在极端环境与负荷波动下依然能保持稳定运行^[2]。此外,合理安排设备之间的距离与散热通道,有助于减少因过热而引发的安全事故。定期进行的安全评估与系统测试同样具有重要性,通过模拟各种类型的故障,接线设计的可靠性与安全性能能够得到验证,确保在真实环境中能够应对各类突发情况。操作人员的安全培训也不可忽视,其安全意识与应急处理能力将直接影响系统的安全运行。

2 主变压器的选择

2.1 选择原则

2.1.1 合理性

在主变压器的选择过程中,确保合理性是电力系统高效运行的关键。变压器的容量必须与电站的实际负荷相匹配。选型时负荷波动及未来增长趋势的充分考虑,能够避免因容量不足造成供电不稳定,或因容量过大而增加不必

要的投资与运营成本。进行详尽的负荷预测与分析，成为选型的重要步骤。技术参数，如电压等级、频率与冷却方式，亦体现出选型的合理性。符合国家标准及行业规范的设备选择，能够确保变压器在各种运行条件下保持安全与稳定。合适的冷却方式（如油浸或干式）不仅提升了变压器的运行效率，还延长了其使用寿命。在变压器的选择中，经济性与环境适应性的综合考虑同样重要，高效等级变压器的选择，有助于降低运行成本，同时减少对环境的影响。此外，设备的耐用性与维修便利性也需重视，通过合理的设计与选型，可以有效减少后期维护成本及停机时间。

2.1.2 台数准确性

在主变压器的选择中，电力系统的安全与可靠运行依赖于台数的准确性。变压器的数量需根据电站的负荷需求及供电可靠性进行合理配置，若台数不足，过载风险在高负荷时容易出现，可能导致供电不稳定或设备损坏；而过多则会增加投资与维护成本，选择适当台数的基础乃在于详尽的负荷分析与系统评估。冗余配置同样不可忽视，对于关键负荷或重要用户采用双台或多台变压器并联运行，能够确保在一台设备发生故障时，其他设备仍可正常运作，从而降低停电风险，这种设计不仅提高了供电的可靠性，也增强了系统的灵活性。在确定变压器台数时，未来负荷的增长与扩展需求亦需考虑。随着用电需求的变化，设备的增容或扩建可能会成为必要，因此在选型时留有适当的余量，以便于后续的灵活调整。

2.1.3 容量有效性

在主变压器的选择中，容量的有效性被认为是确保电力系统正常运行的关键因素之一，这一容量不仅影响电站满足现有负荷需求的能力，还直接关系到系统的经济性与安全性。合理匹配变压器容量与电力负荷，即意味着在选择时需综合考虑当前的用电需求以及未来可能的负荷增长，以确保在高峰负荷期间能够稳定运行。在评估变压器容量时，多种影响因素也需被考虑，包括负荷的性质（如平稳性或波动性）、负荷类型（如工业、商业或民用）以及环境条件，这些变量直接影响变压器的实际运行效率，因此在选择时必须将其纳入考量，以确保所选设备在不同工况下均能高效运作。此外，变压器的过载能力与短时间负荷承受能力同样重要，合理的设计能够使设备在短时间内应对负荷突增，从而避免突发事件造成的设备损坏或供电中断。同时，确保变压器在额定容量下运行，有助于延长其使用寿命并降低维护成本。

2.2 变压器类型及特点

在主变压器的选择中，各类型变压器展现出的独特特点与适用场景不可忽视。油浸式变压器作为最常见的类型，核心结构被浸泡于油中，这种设计不仅有效冷却设备还防止绝缘材料老化，从而延长使用寿命，特别适合大功率、高电压的应用场景，如变电站与大型工业设施，其高效能与可靠性使其成为主流选择。干式变压器在环保与安全性

方面的表现则尤为优异，由于不使用油作为冷却介质，这种变压器在室内环境中的安装更为便捷，且火灾风险较低，适合对安全要求较高的场所，如商业建筑与居民小区。此外，干式变压器的维护成本较低，运行过程也显得更加节能。自冷与强迫油循环变压器则结合了两者的优点，自冷变压器依靠自然对流散热，而强迫油循环变压器则通过泵加速油的循环，以提高冷却效率。这种设计适用于高负荷场合，能够在更高负荷下保持稳定运行，成为追求高效率与可靠性的理想选择。

2.3 变压器容量的计算

变压器容量的计算被视为确保电力系统稳定与高效运行的重要环节，直接影响其满足负荷需求的能力。容量计算需基于详尽的负荷分析，这包括日常负荷、峰值负荷以及未来的增长预测，通常通过负荷计算公式，综合各类负荷得出所需的变压器总容量。在考虑负荷性质时，尤其是工业负荷的启动电流，冗余系数的引入尤为必要，由于设备启动时电流短暂可能超出正常值，为避免设备过载，通常需选择容量大于计算结果的变压器^[3]。同时，其他影响容量选择的因素也应受到重视，例如供电安全性、运行效率以及环境条件。在电力需求波动较大的场合，选择更高容量的变压器以应对潜在负荷波动是必要的。实际应用中，变压器容量的选择应综合考虑经济性与安全性，确保不仅满足当前需求，同时具备应对未来扩展的灵活性。

3 结语

在电站电气主接线设计及主变压器选择中，合理设计原则与科学选择标准被视为确保电力系统安全、稳定与高效运行的基础。通过全面分析接线方案，系统的可靠性与适应性得以提升，以满足不断变化的用电需求。同时，变压器的选型与容量计算同样至关重要，充分考虑负荷特性、设备类型及环境因素，能够帮助做出最佳决策，确保电力供应的连续性与安全性。随着电力需求的增加及技术的进步，未来电力系统将面临更加复杂的挑战。因此，持续优化设计方案、强化安全性分析，并采用先进设备与技术，已成为推动电力行业发展的方向，通过科学合理的设计与选型，电力系统运行效率能够有效提高，为可持续发展做出积极贡献。

[参考文献]

- [1]周田田. 变电站电气主接线设计及主变压器的选择[J]. 科技风, 2020, 12(8): 183-184.
- [2]李度. 水电站主接线电气设计与注意问题探究[J]. 科技创新与应用, 2018, 12(1): 123-124.
- [3]刘晓瑞. 110kV 智能变电站设计及监控系统研究[D]. 山东: 曲阜师范大学, 2020.

作者简介: 马少轩(1996.3—), 毕业院校: 河北师范大学, 所学专业: 电气工程及其自动化, 当前工作单位: 中国核电工程有限公司河北分公司, 职务: 电气一次设计, 职称级别: 助工。