

# 电气设备选型与小型发电厂的电力系统设计

董家源<sup>1</sup> 王舒宁<sup>2</sup>

1. 天津市泰达工程设计有限公司 天津 300450

2. 天津市津航电力工程有限公司 天津 300450

**摘要：**本文聚焦小型发电厂，先阐述其电力系统设计，涵盖各单元构成、特点及设计考量。接着论述电气设备选型原则、方法与注意事项。随后介绍电力系统各模块设计，包括主接线、配电装置、控制与保护系统设计。重点探讨电气设备选型与电力系统设计的协同优化，提出协同原则、具体措施及效果验证方法。旨在实现两者高度适配，保障小型发电厂安全、稳定、高效、经济运行。

**关键词：**小型发电厂；电气设备选型；电力系统设计

**引言：**在能源需求日益增长且能源结构多元化的当下，小型发电厂凭借其灵活性与适应性，成为能源供应体系的重要组成部分。其电力系统设计涵盖发电、输电、配电等多个环节，电气设备选型更是关键环节，直接关乎发电厂的运行效能与安全稳定。然而，小型发电厂在负荷波动、装机容量等方面具有独特性，这给电力系统设计及电气设备选型带来了挑战。如何实现两者的协同优化，以适应小型发电厂的实际需求，成为亟待解决的重要课题。本文将深入剖析小型发电厂电力系统设计要点、电气设备选型原则与方法，并探讨两者协同优化的策略，为小型发电厂的高效、稳定运行提供理论支持与实践指导。

## 1 小型发电厂电力系统设计概述

小型发电厂电力系统是一个有机整体，主要由发电单元、输电单元、配电单元、控制保护单元以及辅助设备构成。(1) 发电单元作为电力生产的源头，通过各类发电设备将一次能源转化为电能；输电单元负责将发电单元产生的电能进行远距离输送，通常借助变压器等设备实现电压的变换，以减少输电损耗；配电单元则把输电单元输送来的电能合理分配至各个用电区域，满足不同用户的用电需求；控制保护单元如同系统的“中枢神经”，实时监测电力系统的运行参数，如电压、电流、频率等，一旦出现异常或故障，能迅速动作，切断故障部分，保障系统的安全稳定运行；辅助设备则为整个电力系统的正常运行提供必要的支持，如冷却系统、通风系统等。(2) 与大型发电厂相比，小型发电厂电力系统具有显著特点。其结构相对简单，建设周期较短，投资成本相对较低；但负荷波动较大，对系统的调节能力和响应速度要求较高；同时装机容量有限，在设计时需充分考虑能源的合理利用。(2) 基于这些特点，小型发电厂

电力系统设计过程中，需重点考量系统的灵活性，以便快速适应负荷的变化；注重经济性，在满足系统功能的前提下，降低建设和运行成本；保证可操作性，使运行人员能够方便地进行操作和维护。此外，还要兼顾设备的适配性与运行维护的便捷性。电力系统设计必须遵循系统性原则，全面统筹各环节的设计需求，实现发电、输电、配电及保护设备的协同运行，为后续电气设备选型提供明确方向，确保选型方案与系统设计整体高度适配，避免出现设备性能过剩造成资源浪费或性能不足影响系统正常运行的情况<sup>[1]</sup>。

## 2 电气设备选型的原则与方法

### 2.1 电气设备选型的核心原则

电气设备选型需立足小型发电厂电力系统的运行特点，遵循四大核心原则，确保设备选型科学合理。(1) 可靠性原则，电气设备作为电力系统的核心载体，需具备良好的抗干扰能力、稳定的运行性能，能够适应小型发电厂负荷波动较大的运行工况，减少设备故障发生率，保障电力系统连续稳定运行；(2) 经济性原则，结合小型发电厂的投资规模和运行成本需求，在满足运行要求的前提下，优先选择性价比高、能耗低、维护成本低的设备，避免盲目追求高端设备导致的投资浪费；(3) 适配性原则，设备选型需与电力系统的装机容量、运行参数、负荷特性相匹配，确保设备的额定电压、额定电流、额定功率等参数符合系统设计的要求，实现设备效能的充分发挥；(4) 便捷性原则，优先选择结构简单、操作方便、维护便捷的设备，降低运行维护人员的工作强度，减少维护成本和停机时间<sup>[2]</sup>。

### 2.2 主要电气设备的选型方法

小型发电厂电气设备种类繁多，核心设备包括发电机、变压器、断路器、隔离开关、互感器等，各类设备

的选型方法需结合其功能定位和系统设计的要求，针对性地开展选型工作。(1) 发电机选型需根据小型发电厂的装机容量、能源类型(如柴油发电、燃气发电等)，确定发电机的额定功率、额定电压、冷却方式及励磁方式，确保发电机输出功率能够满足系统负荷需求，且运行效率达标；(2) 变压器选型需结合输电距离、负荷分布，确定变压器的容量、变比、连接组别及冷却方式，兼顾电压损耗控制和运行经济性，避免变压器过载或空载损耗过大；(3) 断路器选型需根据系统的额定电压、短路电流参数，选择灭弧方式、额定开断电流符合要求的设备，确保能够可靠切断短路电流，保障系统安全；互感器选型需结合保护系统和测量系统的需求，确定电流互感器、电压互感器的变比、准确度等级，确保测量数据精准、保护功能可靠。

### 2.3 电气设备选型的注意事项

电气设备选型过程中，除遵循上述原则和方法外，还需关注多项细节要点，避免选型失误。一是注重设备的质量与性能，优先选择质量达标、性能稳定的设备，避免选用劣质设备导致运行隐患；二是考虑设备的兼容性，确保各类设备之间的参数匹配、接口兼容，实现设备间的协同运行，避免出现设备冲突或无法正常衔接的问题；三是结合小型发电厂的运行环境，考虑温度、湿度、粉尘等环境因素对设备的影响，选择适应环境条件的设备，延长设备使用寿命；四是避免过度选型，根据系统实际运行需求确定设备参数，无需追求过高的性能指标，降低投资和运行成本；五是关注设备的安装与维护空间，结合发电厂的场地条件，选择尺寸合适的设备，为后续安装、维护工作预留充足空间。

## 3 小型发电厂电力系统各模块设计

### 3.1 主接线设计

主接线是小型发电厂电力系统的核心架构，其设计合理性直接影响系统的运行可靠性、灵活性和经济性。(1) 小型发电厂主接线设计需结合装机容量、负荷特性、输电方式等因素，选择结构简单、操作便捷、可靠性高的接线方式，常见的主接线方式包括单母线接线、单母线分段接线、双母线接线等。单母线接线结构简单、投资少、操作方便，适用于装机容量较小、负荷相对稳定的小型发电厂；(2) 单母线分段接线通过分段开关将母线分为多个分段，可实现分段供电，提高系统的可靠性，避免单段母线故障导致整个系统停运，适用于负荷波动较大、对供电可靠性要求较高的场景；(3) 双母线接线具有供电可靠性高、灵活性强的特点，但投资较大、结构复杂，适用于装机容量较大、重要负荷较多的小型发电厂。主接线

设计过程中，需合理设置断路器、隔离开关等设备的位置，确保接线逻辑清晰，便于操作和维护，同时兼顾短路电流的控制，保障系统安全运行<sup>[3]</sup>。

### 3.2 配电装置设计

配电装置是小型发电厂电力系统中实现电能分配、控制和保护的关键环节，其设计需遵循安全性、经济性、便捷性的原则，结合系统负荷分布和设备布局，合理规划配电装置的结构和布局。(1) 配电装置的设计包括高压配电装置和低压配电装置两部分，高压配电装置主要用于连接发电机、变压器及高压输电线路，需根据设备参数和运行要求，选择合适的配电装置类型(如开关柜、配电柜等)，合理布置设备位置，确保设备之间的安全距离，设置完善的绝缘防护措施，避免高压触电事故；(2) 低压配电装置主要用于向厂内辅助设备、照明系统等供电，需结合低压负荷的分布情况，合理划分配电回路，选择合适的低压断路器、接触器等设备，确保配电系统的稳定性和安全性。同时，配电装置设计需考虑通风、散热、防潮等要求，避免环境因素影响设备运行，延长设备使用寿命。

### 3.3 控制与保护系统设计

控制与保护系统是保障小型发电厂电力系统安全稳定运行的重要支撑，其设计需实现对电力系统各环节的实时监测、控制和故障保护，确保系统出现异常时能够及时响应、快速处理，减少故障损失。(1) 控制系统设计需结合小型发电厂的运行特点，采用简洁、可靠的控制方式，实现对发电机、变压器、断路器等设备的启停控制、参数调节，实时监测系统的电压、电流、功率等运行参数，确保系统运行在合理范围内。(2) 保护系统设计需针对不同设备和系统环节，设置相应的保护装置，如发电机的过流保护、过压保护、零序保护，变压器的瓦斯保护、差动保护，线路的短路保护、过载保护等，确保保护装置的动作灵敏、可靠，能够在设备或系统出现故障时及时切断故障回路，防止故障扩大。同时，控制与保护系统需实现联动控制，确保各保护装置、控制设备之间的协同工作，提高系统的运行可靠性。

## 4 电气设备选型与电力系统设计的协同优化

### 4.1 选型与设计的协同原则

电气设备选型与小型发电厂电力系统设计紧密相连、彼此制约，必须遵循协同优化原则，以实现两者的高度适配与协同共进。(1) 在协同过程中，电力系统设计发挥着引领作用，要为电气设备选型提供精准且明确的参数要求和方向指引。需综合考虑系统的装机容量大小、不同运行工况的特点以及负荷的动态特性等因素，科学

确定各类电气设备的额定参数、性能指标等要求,防止选型工作缺乏针对性而盲目推进。(2)电气设备选型也不能孤立进行,要紧密围绕系统设计的整体需求展开。依据选型结果,对系统设计方案进行优化调整,如合理改动主接线方式、优化配电装置布局等模块设计,保证所选设备能够完美适配系统,充分释放其性能潜力,实现最佳运行效能。此外,协同优化时还需兼顾可靠性与经济性,在确保系统安全稳定运行的基础上,通过合理选型与精心设计,有效降低投资和运行成本<sup>[4]</sup>。

#### 4.2 协同优化的具体措施

要达成电气设备选型与电力系统设计的协同优化,需采取一系列切实可行的举措,保障二者紧密且有机地衔接。(1)在设计初始阶段,应同步推进电力系统设计与电气设备选型调研工作。充分考量小型发电厂的实际状况与需求,精准明确系统设计目标及设备选型标准,从源头上避免设计与选型出现脱节现象。(2)主接线设计环节,要紧密结合变压器、断路器等核心设备的选型成果,对接线方式进行优化。合理规划设备布局,使接线逻辑清晰明了,最大程度减少设备间的相互干扰。(3)配电装置设计时,依据所选设备的尺寸、性能参数等,科学规划其布局与结构。保证设备安装简便、维护便利,同时严格满足安全距离要求。(4)控制与保护系统设计方面,结合所选设备的控制接口、保护特性,优化控制逻辑与保护方案,确保保护装置与设备性能高度匹配,实现精准保护与有效控制,提升整个电力系统的稳定性与可靠性。

#### 4.3 协同优化的效果验证

电气设备选型与电力系统设计完成协同优化后,必须借助科学有效的验证方式,确保优化成果契合小型发电厂的实际运行需求。(1)验证内容涵盖多个关键维度。在系统运行方面,着重考察稳定性,通过模拟各类实际运行工况,密切监测设备的运行参数以及故障响应情况,以

此判断设备选型是否科学合理、系统设计是否达到优化标准。经济性验证上,精确核算投资成本、运行损耗以及维护成本,全面评估协同优化方案的经济效益。实用性验证则聚焦于设备安装、操作及维护的便捷程度,检查设计与选型是否切实可行。(2)若在验证过程中发现任何问题,需迅速对设备选型方案和系统设计内容作出针对性调整,保证最终确定的方案能够充分满足小型发电厂安全、稳定、高效且经济运行的各项要求<sup>[5]</sup>。

#### 结束语

小型发电厂电力系统设计与电气设备选型是相互关联、相互影响的复杂系统工程。通过科学合理的电力系统设计,明确各环节要求,为电气设备选型提供精准方向;依据选型原则与方法挑选适配设备,又能反向优化系统设计。协同优化原则贯穿始终,具体措施保障二者有机衔接,效果验证确保方案切实可行。面对小型发电厂不断发展变化的需求,我们需持续探索创新,不断优化设计与选型方案,提高小型发电厂的运行水平,为能源供应的稳定性和可靠性贡献力量,推动小型发电厂在能源领域发挥更大作用。

#### 参考文献

- [1]刘洋.电力工程变电运行的安全技术要点及管理策略探究[J].数码设计(电子版),2024(2):0028-0030.
- [2]周洪伟,宗炫君,方向,王庭华.变电站能耗分析及节能环保研究[J].价值工程,2024,43(25):156-158.
- [3]徐云东,郝明阳.电厂及变电站电气设备安装及检修技术分析[J].电力设备管理,2024(2):41-43.
- [4]黄立造.电力设计中的电气技术应用研究[J].电气技术与经济,2024(7):77-79.
- [5]王一霆.电力设计行业中电气设备选型的关键要素与优化策略[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2025(2):195-198.