

基于智能电网的电力工程电气系统优化设计与应用

陈跃然

445202*****3032

摘要:在智能电网快速发展的背景下,电力工程电气系统作为能源传输与分配的核心载体,其设计合理性与运行效率直接影响电网的智能化水平与供电可靠性。当前传统电气系统存在能耗较高、调控灵活性不足、与智能电网兼容性弱等问题,难以适配新能源大规模接入与用户多元化用电需求。本文聚焦基于智能电网的电力工程电气系统优化设计与应用,梳理电气系统现存短板与智能电网对其的新要求,分析系统拓扑、设备选型、控制策略的优化方向,探索优化设计的实际应用路径与未来发展趋势。

关键词:智能电网;电力工程;电气系统优化设计;电气设备选型

DOI: 10.69979/3029-2727.25.10.087

引言

智能电网凭借高效、可靠、灵活、环保的特性,已成为电力行业发展的核心方向,而电力工程电气系统作为智能电网的重要组成部分,其设计与运行状态直接决定电网整体性能。随着新能源(如风电、光伏)的大规模并网,以及电动汽车、储能设备等新型用电负荷的增加,传统电气系统在能源传输效率、动态调控能力、信息交互水平等方面的局限性日益凸显,无法充分发挥智能电网的技术优势。

1 智能电网背景下电力工程电气系统现状与需求

1.1 电气系统运行短板与局限

当前电力工程电气系统在运行中存在明显短板与局限。传统电气系统的拓扑结构多为固定模式,难以根据新能源出力波动与用电负荷变化灵活调整,导致能源传输过程中损耗较高。在调控方式上,仍以人工干预为主,缺乏实时动态调控能力,面对突发用电需求或电网故障时,响应速度较慢,易影响供电稳定性。

1.2 智能电网对电气系统的新要求

智能电网对电气系统在调控与兼容方面提出多方面新要求。在调控能力上,要求电气系统具备实时动态调控功能,能够根据新能源发电功率变化、用电负荷波动自动调整运行参数,实现能源的高效分配,保障电网频率与电压稳定。在兼容性上,要求电气系统能够适配不同类型新能源(如风电、光伏)的接入,同时兼容电动汽车、储能设备等新型用电负荷,避免因设备类型差异导致的运行冲突。

1.3 新能源与新型负荷下的优化需求

新能源并网与新型负荷的增加,使电气系统面临迫切的优化需求。新能源发电具有间歇性与波动性特点,大规模并网易导致电气系统内功率失衡,需通过优化系统设计提升对新能源出力的接纳能力,避免因功率波动影响系统稳定运行。新型负荷如电动汽车充电负荷、数据中心高耗能负荷,具有用电时段集中、负荷密度大的特点,传统电气系统的容量配置与供电模式难以满足其需求,需优化系统容量设计与供电策略,保障新型负荷的可靠用电。

2 基于智能电网的电气系统优化设计核心方向

2.1 拓扑结构智能化优化

电气系统拓扑结构的智能化优化设计,需打破传统固定结构模式,构建灵活可调的拓扑体系。通过引入模块化设计理念,将电气系统划分为多个独立功能模块,各模块可根据新能源接入情况与用电负荷变化灵活组合,实现拓扑结构的动态调整,减少能源传输损耗。同时,利用智能算法对拓扑结构进行仿真分析,模拟不同运行场景下的系统性能,筛选出最优拓扑方案,确保系统在不同工况下均能高效运行。

2.2 电气设备选型与参数优化

适配智能电网的电气设备选型与参数优化,需从设备性能与系统兼容性两方面入手。在设备选型上,优先选择具备智能监测与远程控制功能的设备,如智能断路器、智能变压器等,这些设备能够实时采集运行数据,并接受远程调控指令,提升系统的智能化运行水平。在参数优化上,根据智能电网的运行要求与系统负荷特性,调整设备参数,如优化变压器的变比、断路器的额定电

流等，确保设备参数与系统运行需求高度匹配，减少设备运行损耗。

2.3 控制策略与调度机制优化

电气系统控制策略与调度机制的优化，是提升系统运行效率与智能化水平的关键。在控制策略上，摒弃传统的固定控制模式，采用基于模型预测控制、模糊控制等先进控制算法，实现对电气系统运行状态的实时动态控制。根据新能源出力预测数据与用电负荷预测数据，提前调整系统控制参数，减少功率波动对系统的影响，保障系统稳定运行。在调度机制上，建立分布式调度与集中式调度相结合的模式，分布式调度负责各子系统的局部调度，提升响应速度；集中式调度负责系统整体优化，实现能源的全局高效分配。同时，引入用户参与的需求响应调度机制，引导用户错峰用电，平衡电网负荷，提升系统运行的灵活性与经济性。

3 智能技术在电气系统优化设计中的融合应用

3.1 大数据技术的应用

大数据技术在电气系统运行数据处理与分析中发挥重要作用。电气系统在运行过程中会产生大量数据，包括设备运行参数、新能源发电数据、用电负荷数据等，大数据技术可对这些数据进行高效存储与快速处理，避免数据堆积导致的信息滞后。通过大数据分析技术，可挖掘数据背后的潜在规律，如新能源出力变化趋势、用电负荷时空分布特征等，为电气系统的优化设计提供数据支撑。例如，通过分析历史用电负荷数据，可精准预测未来负荷变化，为系统容量配置与调度策略制定提供依据；通过分析设备运行数据，可评估设备健康状态，为设备维护计划制定提供参考，提升系统运行的可靠性与经济性。

3.2 物联网技术的融合

物联网技术在电气设备状态监测与信息交互中的融合，显著提升了电气系统的智能化水平。通过在电气设备上安装物联网传感器，可实时采集设备的温度、电压、电流等运行状态数据，实现对设备的全方位监测，及时发现设备异常运行情况，避免故障扩大化。物联网技术还构建了设备间的信息交互网络，打破了传统电气系统中设备间的信息孤岛，使各设备与子系统能够实时共享运行数据，实现协同运行。例如，当某区域用电负荷骤增时，物联网系统可将负荷信息快速传递至周边变电站与新能源发电设备，及时调整供电策略与发电计划，保障区域供电稳定，提升系统的整体响应能力。

3.3 人工智能技术的应用

人工智能技术在电气系统动态调控与故障预警中的应用，为系统优化运行提供了有力支持。在动态调控方面，人工智能技术可通过海量运行数据的学习，构建精准的系统运行模型，根据实时运行状态自主调整调控策略，无需人工干预。例如，在新能源出力波动较大时，人工智能算法可快速计算最优调控方案，调整储能设备充放电状态与电网潮流分布，维持系统功率平衡。在故障预警方面，人工智能技术通过分析设备运行数据与历史故障数据，建立故障预警模型，能够提前识别设备潜在故障风险，并发出预警信号，提醒工作人员及时处理。同时，人工智能技术还可辅助故障定位，缩短故障排查时间，提升系统故障处理效率，保障供电可靠性。

4 电气系统优化设计的实际应用路径与保障

4.1 建设阶段落地流程

电力工程建设阶段电气系统优化设计的落地需遵循规范流程。首先，在工程规划阶段，结合项目所在地的新能源资源分布、用电负荷需求与智能电网发展规划，明确电气系统优化设计目标与技术指标，为后续设计提供方向。其次，在初步设计阶段，组织专业设计团队开展优化设计方案论证，结合智能技术特性与工程实际条件，制定详细的优化设计方案，包括拓扑结构、设备选型、控制策略等内容，并通过仿真分析验证方案可行性。最后，在施工图设计阶段，将优化设计方案细化为具体施工图纸，明确施工技术要求与质量标准，同时与施工单位、设备供应商充分沟通，确保设计方案能够顺利落地实施，避免因设计与施工脱节导致的问题。

4.2 运行调试与性能验证

电气系统优化后的运行调试与性能验证，是保障系统稳定运行的关键环节。在运行调试阶段，按照调试方案逐步开展设备单体调试、子系统调试与系统整体调试。先对各电气设备进行单体调试，确保设备自身运行正常；再进行子系统调试，验证各子系统的功能实现与协同运行能力；最后进行系统整体调试，模拟不同运行场景，测试系统的动态调控能力、新能源接纳能力与故障响应能力。在性能验证阶段，制定科学的性能指标评价体系，包括能源传输效率、供电可靠性、调控响应速度等指标，通过实际运行数据与仿真数据对比，评估系统优化设计的效果。对验证中发现的问题，及时调整设计方案与运行参数，直至系统性能达到预期目标。

4.3 技术标准与安全保障

电气系统优化应用中的技术标准与安全保障措施，是确保系统规范运行的重要支撑。在技术标准方面，需建立完善的电气系统优化设计技术标准体系，明确设计、施工、调试、运行各环节的技术要求，统一设备接口标准、数据传输协议与控制逻辑，避免因标准不统一导致的兼容性问题。同时，积极借鉴国内外先进技术标准，结合智能电网发展需求，动态更新技术标准，确保标准的先进性与适用性。在安全保障方面，构建多层次安全防护体系，包括物理安全、网络安全与数据安全。加强设备物理防护，防止外力破坏；部署网络防火墙、入侵检测系统，防范网络攻击；采用数据加密、访问控制等技术，保护运行数据安全。此外，定期开展安全隐患排查与应急演练，提升系统应对安全风险的能力，保障电气系统稳定可靠运行。

5 基于智能电网的电气系统优化设计发展趋势

5.1 新型储能技术协同发展

新型储能技术与电气系统优化设计的协同发展，将成为未来重要趋势。新型储能技术如锂离子电池储能、抽水蓄能、压缩空气储能等，具备容量大、响应快、寿命长的特点，与电气系统优化设计相结合，可有效解决新能源出力间歇性与波动性问题。通过在电气系统中合理配置新型储能设备，优化储能设备与新能源发电设备、用电负荷的协同运行策略，可实现能源的时空转移，提升系统对新能源的接纳能力。例如，在新能源出力高峰期，将多余电能存储于储能设备；在新能源出力低谷期，释放储能电能补充供电，平衡电网功率。同时，新型储能技术还可提升电气系统的调频、调峰能力，增强系统运行稳定性，推动电气系统向更高效、更灵活的方向发展。

5.2 数字化孪生技术应用拓展

数字化孪生技术在电气系统全生命周期设计中的应用拓展，将为系统优化提供全新思路。数字化孪生技术可构建与物理电气系统完全一致的虚拟模型，实现对系统全生命周期的动态模拟与管理。在设计阶段，通过虚拟模型仿真不同优化设计方案的运行效果，快速筛选最优方案，减少物理样机试制成本与时间。在建设阶段，利用虚拟模型对施工过程进行模拟，提前发现施工冲突，优化施工流程。在运行阶段，虚拟模型可实时映射物理

系统的运行状态，通过模拟不同运行场景，预测系统运行趋势，为动态调控与故障预警提供支持。在维护阶段，基于虚拟模型分析设备损耗情况，制定精准的维护计划，延长设备使用寿命。数字化孪生技术的应用，将实现电气系统设计、建设、运行、维护的全流程智能化，提升系统整体性能。

5.3 低碳理念融入创新方向

低碳理念融入电气系统优化设计，是响应国家“双碳”目标的重要创新方向。在设计过程中，优先选择低碳环保的电气设备与材料，如高效节能变压器、低损耗电缆等，减少设备运行过程中的能源消耗与碳排放。优化电气系统的能源传输路径，缩短能源传输距离，降低传输损耗，提升能源利用效率，间接减少碳排放。同时，加强与新能源的深度融合，通过优化系统设计提升新能源接入比例，增加清洁能源在能源消费中的占比，减少对传统化石能源的依赖。此外，还可在电气系统中引入碳足迹追踪功能，实时监测系统运行过程中的碳排放量，为碳排放管控提供数据支持，推动电气系统向低碳化、绿色化方向发展，助力电力行业实现“双碳”目标。

6 结论

本文围绕基于智能电网的电力工程电气系统优化设计与应用展开研究，梳理了智能电网背景下电气系统的现状短板与优化需求，分析了电气系统优化设计的核心方向、智能技术的融合应用、实际应用路径及未来发展趋势。研究表明，传统电气系统已难以适配智能电网与新能源、新型负荷的发展需求，需通过拓扑结构、设备选型、控制策略的优化，结合大数据、物联网、人工智能技术的融合应用，提升系统的智能化水平与运行效能。

参考文献

- [1] 刘杰. 电力工程技术在智能电网建设中的应用研究 [J]. 光源与照明, 2025, (06): 245-247.
- [2] 张燕, 汤如伟. 智能电网建设中电力工程技术应用分析研究 [J]. 电力设备管理, 2025, (09): 197-199.
- [3] 李鹏程. 电力工程技术在智能电网建设中的应用 [J]. 光源与照明, 2025, (04): 230-232.
- [4] 许健, 文科, 徐正民. 电力工程技术在智能电网建设中的应用分析 [J]. 投资北京, 2025, (03): 56-57.