供配电系统中电气自动化技术的实践应用分析

张浩淳

信息产业电子第十一设计研究院科技工程股份有限公司　安徽　合肥　230000

摘　要：电气自动化技术已经覆盖供配电系统的实时监测、故障智能处理、负荷调控、继电保护及网络智能管控等核心环节，运行效率和供电可靠性确实提升明显。不过也得承认，当前设备间的适配性与兼容性仍不足，系统智能化集成度偏低，运维和升级体系不完善，数据安全与抗干扰能力相对薄弱。要解决这些问题，比较可行的做法是：统一设备适配标准，推进多模块技术融合，完善常态化运维机制，并强化安全防护体系。这样才可能真正突破技术瓶颈，提升供配电系统运行的安全性与稳定性，使其向智能高效方向发展。

关键词：供配电系统；电气自动化；实时监测；故障智能处理

引言：电气自动化技术在供配电系统中的应用已经相当普遍，确实已成为提升系统运行效率与供电质量的关键支撑。当前，实时监测、故障智能处理、负荷调控、继电保护及网络智能管控等核心技术已深度融入供配电运行各环节，显著增强了系统的感知能力、响应速度与控制精度。但也要看到，系统规模在扩大，运行复杂度在提升，设备兼容性、集成化水平、运维体系及安全防护等方面的短板逐渐暴露出来，对技术效能的充分发挥形成制约。要想推动供配电系统向更智能高效的方向发展，还得针对这些问题拿出切实可行的优化策略。

1 电气自动化技术在供配电系统中的应用领域

1.1 供配电系统实时监测应用

实时监测是供配电系统运行管理的基础。通过在关键节点布置传感采集设备，系统能持续跟踪电压、电流、功率因数、频率等核心参数，形成比较完整的运行数据链。这些数据整合之后，能清楚反映系统当前状态，运行人员看了一目了然。监测体系还具备快速捕捉异常信号的能力，一旦参数偏离正常范围就会及时提示。长期积累下来的监测数据，对分析负荷变化规律和设备运行趋势很有帮助，也能给后续维护和优化提供客观参考。可视化展示进一步让运行状况变得直观。可以说，实时监测让供配电系统真正做到了可知可控。

1.2 供配电系统故障智能处理应用

故障能不能快速识别并有效处置，直接关系到供电可靠性。智能处理应用会对运行数据做深度分析，在故障刚发生时就能比较准确地判断故障性质并锁定位置。系统按照内置逻辑自动生成处置方案，有序完成故障隔离和恢复操作，尽量把停电影响压到最低。面对不同类型的故障，处理策略可以动态调整，以适应实际工况。智能处理还能对故障发展态势做出预判，为后续操作争取时间余量。处置结束后，系统会自动记录全过程，便于事后追溯和持续改进。相比人工方式，智能处理在响应速度和准确性上都有明显提高，增强了系统应对故障的能力。

1.3 供配电系统负荷调控应用

负荷调控的作用在于维持供配电的供需平衡。系统依据实时监测数据自动调整电力分配，使发电出力与用电需求保持较好匹配。高峰时段，调控机制优先保障重要用户，同时对可调节负荷进行有序管理；低谷时段则适当调整运行方式，以提高设备利用效率。调控过程兼顾经济性，在满足用电需求的前提下尽量减少损耗。负荷预测功能为调控决策提供前瞻依据，让措施变得更加主动[1]。另外，调控参数会随系统状态变化自动修正，保持调节性能稳定。总体来看，负荷调控给供配电系统带来了明显的运行效益，保障了电力供应平稳有序。

1.4 供配电系统继电保护应用

继电保护的主要任务是快速切除故障并保障设备安全。保护装置持续监视电流、电压等电气量，一旦发现异常，就能比较准确地判别故障类型并启动相应动作。保护体系按照选择性原则分级配置，确保离故障点最近的装置优先动作，从而最大限度缩小停电范围。保护定值的整定与配合都经过严格核算，以适应不同运行方式下的故障特征。保护装置还能记录故障数据，为后续分析和性能评估提供依据。系统结构发生变化时，保护配置也需要相应调整，才能保持适应性。继电保护与智能处理系统协同配合，进一步强化了供配电系统的整体防

御能力。

1.5 配电网络智能管控应用

智能管控让配电网络的运行状态得到全面掌握与协调管理。综合运用监测、控制、保护、通信等技术，对开关、变压器、线路等设备进行统一调度和优化。管控系统会依据网络运行状态自动调整运行方式，在保证供电质量的同时控制网络损耗。对于过载、电压偏低等问题，系统能提前预警并给出调整建议。管控平台还支持历史运行数据回顾分析，为网络改造和扩容规划提供参考。智能管控加强了各环节协同，使整体运行更顺畅有序。从实际效果看，智能管控明显提升了配电网络的管理水平和服务品质。

2 当前供配电系统中电气自动化技术应用存在的问题

2.1 自动化设备适配性与兼容性不足

从实际使用情况来看，不同厂商生产的自动化设备在通信协议、数据接口等方面存在显著差异，导致设备之间难以实现顺畅对接。这种适配性问题使得系统集成阶段需要花费大量精力进行协议转换和接口调试，实施难度和时间成本明显增加。当新增设备或进行设备更换时，原有系统往往需要进行较大幅度的适应性调整才能实现兼容，系统的扩展灵活性由此受到制约。特别是部分老旧设备由于技术架构相对落后，与现代自动化系统之间的兼容性更差，很难被纳入统一的管理框架之中。适配与兼容方面的不足直接影响了供配电系统整体效能的充分发挥，同时也对后续技术升级的顺利推进形成了客观障碍。

2.2 系统智能化集成程度较低

当前供配电系统虽然已经应用了多种自动化技术手段，但各功能模块之间还是缺少深层次的有机整合，整体智能化集成水平仍有较大的提升空间。实际运行中，监测、保护、调控这些子系统往往各干各的，彼此之间的信息共享和协同配合并不充分，很难形成覆盖全系统的综合决策支持能力。系统内部的数据流转存在明显梗阻，有价值的信息难以在各模块之间实现高效传递与充分利用。智能化集成程度偏低还突出表现在，系统面对复杂运行工况时综合研判能力不足，处理多因素耦合问题时缺乏整体性的协调策略[2]。这种状况既降低了系统运行的协同效率，也在一定程度上限制了自动化技术综合效益的充分发挥。

2.3 技术运维与升级体系不完善

供配电系统自动化技术的运维管理确实存在一些短板，相关制度建设、流程规范和人员配置还不能完全适应技术快速发展的需要。部分运行单位对自动化设备的日常维护重视不够，巡检、检测、保养等工作缺乏系统性和规范性安排。设备出现故障时，故障定位和修复效率往往偏低，系统恢复正常运行的速度直接受到影响。技术升级方面同样面临不少困难，受系统架构约束和接口标准不统一限制，升级改造通常涉及范围广、实施周期长，还伴随一定风险。运维人员的技术能力也需要持续提升，才能适应自动化技术体系不断更新迭代的现实要求。

2.4 数据安全与系统抗干扰能力薄弱

随着供配电系统自动化水平不断提高，数据传输量和通信依赖度明显上升，数据安全问题也随之凸显出来。系统运行中产生的大量敏感信息，在采集、传输、存储这些环节都存在被泄露、篡改或丢失的风险。部分系统在数据加密强度和访问控制措施上还不够完善，整体安全防护体系确实存在一些漏洞。与此同时，供配电现场运行环境比较复杂，电磁干扰、谐波等因素对自动化设备的正常工作一直是个威胁，系统的抗干扰能力还需要进一步增强[3]。当外界干扰强度较大时，可能出现信号失真、数据错误或控制指令偏差，这些都会直接影响供配电系统运行的准确性和可靠性。

3 供配电系统中电气自动化技术应用优化策略

3.1 统一设备适配标准，提升系统兼容性能

从实际应用看，统一设备适配标准确实是解决兼容性问题的关键路径。通过制定覆盖设备设计、制造、接口、通信等环节的统一规范，可从源头消除不同厂家产品之间的对接障碍。具体实施中，需要在功能配置、定值格式、报告格式、接口标准，以及回路设计、端子排布置、系统架构、组屏方案等方面，形成一套完整统一的标准体系。比如，2025 年 7 月，许继电气研发的“国铁八统一”牵引变电所综合自动化系统在渝厦高铁渝黔段实现首台套应用，该系统实现了从设备设计制造到产品应用八个方面的标准统一，在铁路领域广泛应用后可大幅提升供电设备的运维效率。同年底，南网储能公司电气二次系统标准化成果在南宁抽水蓄能电站顺利落地，通过统一设计规范、安装工艺与标识体系，使设计效率同比提高，设备兼容性显著提升，因设计漏洞导致的返工问题基本杜绝。

3.2 推进多模块技术融合，提高系统集成化水平

提高系统集成化水平，关键是要打破各功能模块之间的壁垒，让监测、保护、调控这些子系统真正实现深度协同和数据互通。当前推进多模块技术融合，

重点在于搭建统一的信息交互平台，使各子系统能高效共享运行数据，形成综合决策能力[4]。从工程实践看，2025 年 9 月，我国首座全自主可控新一代变电站——铁岭 500 千伏西泉变电站正式投运，该站系统集成应用了一次设备、二次设备、物联感知成套设备等 5 个方面 16 类原创技术成果。同年 10 月，浙江首座 220 千伏新型数字智能变电站投运，构建了全维度智能管控体系，能对一次核心设备和二次系统运行状态进行实时监测与风险预警。这些工程实践说明，通过多技术模块的系统性融合，确实能有效提升供配电系统整体智能化水平和协同运行能力。

3.3 完善常态化运维机制，强化技术迭代升级

从实际工作来看，运维机制的完善不能只靠单方面推进，需要从制度建设、流程规范和人员能力提升等多个维度同步发力。常态化运维机制要求把日常巡检、检测、保养等工作纳入标准化管理流程，同时建立故障快速响应与处置体系。技术迭代升级方面，还得构建能够适应系统架构变化的柔性升级路径。比如，2026 年 6 月，国网庆阳供电公司对东丽开闭所实施智能化升级改造，采用标准化技术架构，构建了覆盖数据采集、传输、智能分析、远程调控的全业务闭环管理体系。改造后，运维模式从周期性现场巡检转向 24 小时不间断在线状态检修，隐患处置关口全面前移。再如，新疆首个老旧小区备自投智能化改造项目于 2026 年 5 月投运，电力故障复电时间从小时级缩短至秒级。这些案例足以说明，完善的运维机制加上持续的技术迭代，能够显著提升供配电系统的运行保障能力。

3.4 强化安全防护体系，增强系统运行稳定性

安全防护体系的强化，需要从数据安全和抗干扰能力两个层面同步推进。从实际来看，数据安全方面得重点加强数据加密、访问控制和传输通道安全建设。2025 年 9 月，国网浙江电力在绍兴新昌首次开展分布式能源聚合业务数据的量子加密传输，创新设计了“聚合-接入”双阶段量子加密方案，首次在电力领域实现 125 公里长距离数据加密传输，较传统传输距离提升 30%。试点应用后，新能源调峰能力提升 12.5%，响应速度提升 66%。抗干扰能力方面，则要强化设备电磁兼容设计和信号滤波处理。2025 年 11 月，南方电网深圳供电局携手华为建成全球电力行业首张“通量一体”量子加密通信专网，覆盖保电关键链路中的多座变电站，贯通从电力指挥中枢到前线指挥部的全链路通信[5]。这些实践充分说明，强化安全防护体系对保障供配电系统在复杂环境下稳定可靠运行具有重要意义。

结束语：供配电系统电气自动化技术的持续进步，确实给电力运行管理带来了明显提升，在实时监测、故障处理、负荷调控、继电保护及网络管控等方面都表现突出。不过，设备兼容、集成水平、运维机制及安全防护等领域仍有改进空间，需要在后续工作中逐步解决。通过统一标准体系、推进技术融合、完善运维管理并强化安全保障，能够有效应对当前面临的各类挑战。随着相关技术手段不断成熟和工程经验持续积累，供配电系统的自动化、智能化水平将稳步提高，为电力供应的安全可靠与经济运行提供更有力的技术支撑。

参考文献

[1] 吴静丽, 张芳, 霍文进, 等. 电气自动化技术在智能楼宇供配电系统中的应用与优化 [J]. 产业与科技论坛,2026,25(5):30-32.

[2] 史殿群, 李延阳. 电气自动化技术在工业建筑供配电系统中的应用研究 [J/OL]. 中文科技期刊数据库（引文版）工程技术,2026,(7):082-085.

[3] 侯永丰. 数据驱动技术在电气自动化供配电节能系统中的实践研究 [J]. 中国电子商情,2026,32(9):135-137.

[4] 钟虹宇. 电气自动化技术在供配电系统中的应用 [J]. 消费电子,2026,(1):239-241.

[5] 胡鹏. 电气自动化技术在供配电系统中的创新应用 [J]. 计算机应用文摘,2026,42(11):188-190.