

智能电网中的电气自动化应用研究

杨根平

横峰县供电公司 江西 上饶 334300

【摘要】：在新型电力系统加速构建的背景下，智能电网作为清洁低碳、安全高效能源体系的核心载体，它的数字化、智能化转型需要电气自动化技术来支撑。本文以智能电网和电气自动化核心关联为起始点，梳理电气自动化核心技术相关基础，剖析其于智能电网各个环节的具体应用，分析应用当中的关键问题并提出解决措施，对其应用前景以及发展趋势加以展望，为二者深度融合、助力新型电力系统打造提供实践参考。

【关键词】：电智能电网；电气自动化；核心技术；环节应用；新型电力系统

DOI:10.12417/2705-0998.26.05.056

引言

随着“双碳”目标深入实施，传统电网难以适配高比例新能源接入、多元负荷互动等新需求，智能电网建设成为必然趋势。智能电网使先进传感、通信、控制技术相互融合，实现具有自愈能力、高效安全的运行，而电气自动化技术起着核心支撑作用，贯穿电网运行的全部进程，是实现数字化管理、使能源分配优化的关键。我国智能电网建设进入规模发展的阶段，《加快构建新型电力系统行动方案（2024—2027年）》明确强化自动化技术应用，对它的适配性、可靠性提出更高要求。基于此，开展智能电网中电气自动化应用研究，理清要点、解决问题，对助力智能电网高质量发展、保障能源安全有重要作用。

1 智能电网与电气自动化的核心关联

1.1 电气自动化是智能电网的技术支撑

智能电网的核心是实现自动化、智能化管控，该目标需要电气自动化技术的全方位助力，电气自动化将控制、传感、通信技术加以整合，做到电网参数的精准收集、即时传输与智能管控，打破传统人工所采用的操作模式，提升运行的精确程度和效率。通过部署智能传感器、自动化终端，可及时捕捉电压、电流等关键参数，及时发现异常并快速管控，防止故障进一步扩大。同时，电气自动化系统和电网各环节密切融合，带动电网从单向输电模式朝多元双向网络转变，为智能电网实现自愈、兼容目标提供有力依靠。

1.2 智能电网对电气自动化的需求升级

在智能电网向“源网荷储”一体化转型的过程中，电网的形态、负荷特性发生较大变化，推动电气自动化技术升级。高占比新能源接入加大了系统潮流的波动情况，要求自动化技术具备更高的实时性以及可靠性，做到设备精准控制。同时，多元协同运行需求推动自动化技术向多源数据融合、智能决策方向进行升级，需要对各环节数据予以整合，为调度、运维提供科学方面的支持。此外，分布式新能源以及储能等新业态的发展，需要自动化技术增进适配性，做到分布式电源自动化接入与协同控制。

2 智能电网中电气自动化的核心技术基础

2.1 感知层自动化技术

感知层是电气自动化系统的基础层面，负责电网参数的精准采集以及初步传输作业，是使智能电网具备“可观、可测”的前提。智能传感器技术能实时获取电压、电流、温度等方面的参数，捕捉设备跟线路的运行情形，为调控、决策供应基础性质的数据。它的精度直接左右系统运行的效果，数据采集与传输技术主要采用的是无线传感、光纤通信，光纤通信因具有高速、抗干扰的优势，而成为电力通信核心，无线传感比较适合偏远、分散的设备，二者相互配合实现电网全范围的数据采集与传输。

2.2 控制层自动化技术

控制层是重要执行环节，承担根据感知数据以及决策指令的工作，做到电网设备精准操纵，PLC技术编程具有灵活性，可靠性也较高，大量应用于设备的启动和停止、负荷调节、故障处置，减少人工的插手；SCADA系统实现电网实时监控与集中控制，呈现运行全局，可远程管理设备、发出异常告警；DCS系统对于大规模电网协同控制较为适用，通过把控制单元进行划分，做到分布式管控以及集中协调，提升控制灵活性与可靠性。

2.3 决策层自动化技术

决策层是自动化系统的“大脑”，负责分析所感知的数据，制定调控方法，智能决策支持系统基于大数据以及人工智能，整合电网相关数据，找出规律及风险，自动产生最优调控方案，降低人为做决策的失误。自动化调度技术着眼于全局优化，按照负荷变化、新能源的出力情况，变更电网运行的模式，促使电源协同、负荷均和，保证电网供给和需求的平衡，契合高比例新能源接入的要求。

2.4 通信层自动化支撑技术

通信层承担着搭建高速、双向通信网络的职责，保证各环节配合工作。电力专用通信网络把光纤、5G、物联网当作核心，光纤用于主干网数据的传送，5G适配分布式设备以及移动监

测点,物联网使终端设备相互连接通信,数据加密、身份审定、防火墙等技术,可防止数据泄露、网络攻击发生,保障自动化系统稳定地运作,避免使电网正常运转受到影响。

3 智能电网各环节里电气自动化的具体使用

3.1 发电环节的电气自动化应用

发电环节是智能电网起点,电气自动化技术应用的核心是实现发电设备高效管控、新能源有序接入,增进发电效率以及供电稳定性。在传统电站(火电、水电)中,电气自动化技术实现了机组的启停、负荷调节、故障预警等全流程自动化控制,通过 PLC、DCS 等控制系统,自动调节机组运行参数,实现机组的稳定运行,同时实时监测机组运行状态,及时发现设备故障隐患,发出预警信号并启动应急处理流程,减少故障停机时间,提升传统电站的运行效率与可靠性。在新能源电站(光伏、风电)中,电气自动化技术主要用于新能源自动化接入以及调控,凭借最大功率追踪技术,实时盯紧光伏组件、风力发电机的出力情况,自动变动运行参数,最大化发挥新能源资源的优势,同时做到新能源电站与电网的协同接入电网,防止新能源出力的不稳定给电网带来冲击。在储能系统中,电气自动化技术使充放电实现自动化管理,依据电网负荷变化、新能源的出力情况,自动对储能系统充放电状态做调整,做到能量的合理分配,减轻新能源出力波动给电网造成的压力,确保发电环节有序开展。

3.2 输电环节的电气自动化应用

输电环节是智能电网实现能源远距离传送的重要部分,电气自动化技术的应用主要着力提高输电线路的监控水平、设备运维质量以及输电效率,保证输电作业安全。在高压输电线路监控中,电气自动化技术运用安装智能监测设备,做到对输电线路覆冰、雷击、导线舞动等各类异常情况的自动监测,及时采集线路运行的相关参数,马上发现线路故障然后定位故障,为线路检修精准地提供支持,降低人工巡检工作量,提升巡检效率以及精准性。在输电设备状态检修方面,自动化技术做到了对输电塔、绝缘子、导线等设备的在线监测,实时跟随设备运行状态和健康状态,借助数据的分析预估设备使用寿命,设计科学的检修计划,实现“状态检修”将“定期检修”替代,削减检修方面的成本,改善设备运维的针对性和有效性。自动化控制柔性输电系统于输电环节而言是重要应用,通过 SVG、SVC 等柔性输电装置做智能调控,自动对输电线路电压、电流做调节,解决线路阻塞的问题,让输电线路的输送能力和稳定性得到提升,符合高比例新能源远程传输的需求。

3.3 变电环节的电气自动化应用

变电环节是智能电网实现电压变换、电能分配的关键,电气自动化技术应用的重点是建设智能变电站,实现使变电设备自动化监控、保护与运维,使变电环节的运行效率与可靠性提

高,智能变电站自动化架构把一次设备智能化、二次设备网络化作为核心,借助在变压器、断路器等一次设备上布置智能传感器与自动化终端,做到设备运行状态的实时监测并数据采集;二次设备利用网络化连接,实现数据的共享跟协同控制,改变了传统二次设备各自孤立运行的模式。在变电设备自动化监控与保护下,自动化系统能够实时监测变压器、断路器等核心设备所呈现的运行参数。当设备出现过载、短路等异常的情形时,自动启用保护设施,断开有故障的设备,防止故障逐渐扩大,同时给出预警信号,通知运维人员马上处置。在变电站自动化运维方面,凭借自动化系统实现了变电站无人值守和远程操作,运维人员可经由远程终端实时监控变电站的运行情况,远程开展设备启停以及参数设定等操作,大幅削减运维人员的工作量,提升运维工作效率,让运维成本降低,推动变电环节往数字化、智能化转型。

3.4 配电环节的电气自动化应用

配电环节与用户直接连接,是智能电网开展电能分配、保障用户用电质量的核心,电气自动化技术应用主要聚焦提升配电网的调控、自愈和协同能力。在配电网自动化调控方面,以部署配电自动化主站、馈线终端等设备的方式,实现配电网负荷的实时监测以及均衡调节,自行对配电网运行方式做调整,使电压分布得到优化,避免出现产生电压过高、过低等问题,保障用户用电质量良好,同时降低配电网的电力消耗。在分布式电源跟配电网自动化协同控制上,电气自动化技术做到了分布式光伏、风电等电源的自动接入和调控,按照配电网运行的状态,自动对分布式电源出力做调整,实现分布式电源跟配电网的协同运行,提升配电网就地的平衡能力,促使新能源就地消纳实现。智能配电终端广泛地得以应用,实现了配电网故障及时定位、隔离和恢复,加强配电网的自愈功能,当配电网故障出现,自动化系统可以快速识别出故障的区域,使出现故障的线路断开,使非故障的区域重新供电,减少用户停电的时间,使配电网供电可靠性提升。

3.5 用电环节的电气自动化应用

用电环节是智能电网终端环节,电气自动化技术的应用主要着眼于实现用电信息的精确收集、用户负荷的灵活控制与用电安全的充分守护,搭建双向互动的用电服务架构。在智能电表以及用电信息采集自动化方面,以往的电磁表计被智能电表所替代,实现了用电信息的即时获取、远程抄表及数据传送,运维人员借助自动化系统可以实时获取用户用电数据,准确了解用户用电规律,为电费核算、负荷调控提供作为基础的数据支撑,同时避免了人工抄表产生的误差以及繁琐的流程。在需求响应自动化对应的方面,电气自动化技术做到了对用户侧负荷的灵活调节,结合峰谷用电的电价政策,自动带动用户调整用电的行为,在用电高峰期降低高耗能负荷的使用,在用电的低谷时段加大用电负载,做到削峰填谷目标,对电网负荷分布

进行优化,让电网运行效率有所提高,同时降低用户用电成本。在用电安全自动化预警方面,经部署用电安全监测终端,即时监测用户用电过程中漏电、过载、短路等异常的发生情况,马上发出预警信息,若有必要自动切断电源,防范用电安全事故产生,保证用户用电安全。

4 电气自动化应用里的主要问题及解决方案

4.1 现存关键问题

当前电气自动化应用仍旧有很多问题:一是多系统的兼容程度不足,各厂家的设备、系统采用不同的标准和协议,导致“信息孤岛”的局面,使运行效率受影响;二是数据安全风险十分突出,电网运行和用户用电的数据在传输存储期间有被泄露、篡改的风险,造成能源安全方面的威胁;三是新能源接入使调控的难度提升,传统算法难以适配它的随机性、波动性,造成消纳能力受影响;四是系统可靠性以及容错能力不够,设备出现故障的情况下难以快速切换备用模式,造成调控停止。

4.2 针对性解决方案

针对上述问题,提出以下解决方案:其一要做到标准体系统一,让行业主管部门制定统一的技术、通信、接口的标准,助力系统数据共享以及协同联动,消除“信息孤岛”;其二大力强化安全防护,采用加密算法以及防火墙等技术,加强数据全流程各环节的管控,形成应急处理机制,保证数据跟电网的安全;其三优化调控算法,使用大数据以及人工智能,研发符合新能源特性的算法,加大预测及调控的能力值,增进新能源的消纳;其四构建冗余备份系统,装设备用设备及系统,强化设备运维相关工作,提升系统容错方面能力与设备稳定性。

参考文献:

- [1] 李欣,宋涛.电气工程及其自动化技术在智能电网中的应用研究[J].机械与电子控制工程,2025(22).
- [2] 李欣,宋涛.电气工程及其自动化技术在智能电网中的应用研究[J].Mechanical&Electronic Control Engineering,2025,7(22).
- [3] 黎婉珣.探究智能电网建设中应用电气工程及其自动化[J].中国科技期刊数据库工业 A,2024(002):000.
- [4] 吴增伟,孙吉杰,吴倩.电气工程中电气自动化的应用研究[J].南方农机,2020,51(2):1.
- [5] 周恣割,蒋一鸣.电气工程中电气自动化技术的应用研究[J].模具制造,2023,23(9):217-219.

5 电气自动化于智能电网里的应用前景和发展趋势

5.1 应用前景

电气自动化在智能电网当中的应用前景良好:一是助力“源网荷储”开展一体化转型,借助协同调控电源、负荷以及储能,使能源配置得到优化,使电网灵活性提升;二是推动电网开展数字化、智能化升级工作,实现大数据和人工智能的融合,提高在感知、调控、决策上的能力,削减消耗、增进效率;三是对新型电力系统建设起到支撑作用,优化以适配新能源,维护系统安全稳定,有利于“双碳”目标实现和能源结构转型发展。

5.2 发展趋势

未来电气自动化技术会有四大趋势呈现:一是与人工智能深度整合,做到电网运行准确预报、故障自动诊断和自主调整,增强智能化高度;二是向轻量化以及模块化进行发展,契合分布式电网、微电网,简化架构框架,减少建设运维方面成本;三是凭借着泛在电力物联网,开拓应用场景空间,做到设备和用户的全部连接,加大协同能力;四是聚焦绿色低碳,优化调控算法、提升设备效率,减少电能损耗,推动电网绿色运行。

6 结语

电气自动化技术贯穿智能电网全流程,对推动其数字化、智能化转型,保障安全高效运行具有重要意义。本文梳理了二者核心关联、技术基础、环节应用,剖析了现存问题并提出解决方案,展望了发展趋势。当前电气自动化应用仍面临兼容性、安全性等问题,需通过统一标准、强化防护等措施优化。未来,随着技术进步,电气自动化将与智能电网深度融合,为新型电力系统建设、“双碳”目标实现提供有力支撑。