

新能源及其配套基础设施的接入管控技术研究报告

周煜廷 黄诚轩 张晨燕

国网湖北信通公司

DOI:10.12238/acair.v3i1.11881

[摘要] 在全球能源资源转型加速推进的时代背景下,开发和利用新能源已经成为各国关注的焦点。但是,新能源的大规模并网和电力系统形态不断变革,也给电力系统安全稳定运行带来较为严峻的挑战。其中,基础设施的接入管控技术已然成为亟待解决的关键问题。本文基于此,概述国内外在新能源及其配套基础设施接入管控方面的研究现状,详细阐述本次新能源及其配套基础设施的接入管控技术的主要内容,旨在为电力系统安全稳定运行提供技术支持。

[关键词] 新能源接入管控; 基础设施; 智能防御

中图分类号: TU241.91 文献标识码: A

Research Report on Access Control Technology for New Energy and Its Supporting Infrastructure

Yuting Zhou Chengxuan Huang Chenyan Zhang

State Grid Hubei Information & Telecommunication Company Limited

[Abstract] Against the backdrop of accelerating global energy and resource transformation, the development and utilization of new energy has become a focus of attention for countries around the world. However, the large-scale integration of new energy and the continuous transformation of the power system form also pose significant challenges to the safe and stable operation of the power system. Among them, the access control technology of infrastructure has become a key issue that urgently needs to be solved. Based on this, this article summarizes the current research status of access control for new energy and its supporting infrastructure at home and abroad, and elaborates on the main content of the access control technology for new energy and its supporting infrastructure in detail, aiming to provide technical support for the safe and stable operation of the power system.

[Key words] New energy access control; infrastructure; Intelligent defense

引言

随着全球能源资源加速转型,太阳能、风能、水能等新能源逐渐成为电力供应主力。由于新能源发电兼具不确定性和间歇性,大规模并网会给电力系统运行稳定性带来较为严峻的挑战。分布式电源、集控监测装置等物理、信息设备广泛接入电网,信息域与物理域跨域攻击风险增强,网络威胁渗透至物理空间。为应对挑战,新能源及其配套基础设施接入管控技术备受关注。

1 国内外研究现状

新能源及其配套基础设施的接入管控技术,在国内外均展现出了显著的研究成果,成为驱动能源转型与保障电力系统安全稳定运行的核心技术。在国内,时圣尧(2024年)深入探究高比例风电接入的送端混合级联直流输电系统的无功协调控制策略,旨在优化控制策略以应对风电接入所带来的无功电压问题^[1]。赵晓叶等(2024年)阐述大规模新能源发电接入对地区电网构成的

挑战,并提出加强电网规划与提升调度灵活性的应对策略^[2]。张秋怡等人(2024年)探讨了新能源电厂接入对电网继电保护的影响,强调了新能源接入后电网保护策略的必要调整与优化^[3]。王周毅(2023年)提出电网规划应充分考虑新能源接入的潜在影响,并建议新能源与政府总体规划紧密衔接^[4]。严欢等人(2023年)研究了提升新能源高占比送端电网接入能力的特高压直流落点方案,通过优化落点位置来增强电网对新能源的接纳能力^[5]。翟青峰等人(2023年)介绍了一二次融合的智能开关技术,在光伏发电新能源接入系统中有效解决了诸多痛点问题^[6]。

在国际研究层面,Khezri等人(2022年)对太阳能光伏和电池储能系统的最优规划进行了全面综述,提出了在电网连接与新能源接入需求考量下的光伏与储能系统优化配置策略^[7]。Merrington等人(2023年)进一步聚焦于住宅领域,研究电网连接的光伏与电池储能系统的最优配置,并特别关注电动汽车接

入对系统的影响^[8]。Khan等人(2020年)则深入探讨电力电子设备主导的电网稳定性问题,指出新能源接入后电网结构变化对稳定性带来的挑战,并给出相应的解决方案^[9]。Yu等人(2020年)对电动汽车在主动配电网中的集成及车辆到电网(V2G)运营进行了全面综述,强调了新能源接入背景下电动汽车在电网中的关键作用,并提出了相关的电力架构、电网连接标准及典型应用案例^[10]。

2 研究内容

2.1 新能源接入的主动安全控制技术研究

在新型电力系统的构建进程中,面对新能源发电所固有的波动性和不确定性给电力系统安全稳定运行带来的前所未有的新挑战。新能源接入的主动安全控制技术作为保障新型电力系统稳定运行的关键支撑,深度融合传感器技术、数据采集与传输系统以及先进的智能算法,共同构筑起一道全面、实时的监控与调节防线。具体而言,主动安全控制技术依赖于高精度、高灵敏度的传感器网络,被广泛部署于风电场、光伏电站等新能源发电设施的关键节点,实时捕捉到风速、光照强度等自然环境参数的微妙变化,以及发电机转速、输出功率等电气量的动态波动。数据采集与传输系统要求具备高速的数据传输能力,利用先进的技术手段实时状态信息得以迅速汇聚至控制中心。它基于机器学习、深度学习等人工智能技术,对收集到的海量数据进行深度挖掘与分析,能够准确预测新能源发电的未来趋势,如风电场输出功率的短时波动、光伏电站发电量的日变化等。智能算法还能够根据电力系统的当前运行状态和预测结果,快速制定出最优的运行策略,如调整常规火电、水电等可控电源的出力,启用储能系统进行削峰填谷,或者通过需求侧管理调整用户负荷。

以风电场为例,当风速突降导致风电场输出功率急剧下降时,主动安全控制技术能够迅速响应。智能算法立即分析当前电力系统的运行状况,评估风电场功率下降对电网的影响,并涉及到火电机组的快速启停、水电机组的灵活调节、储能系统的充放电策略调整等多个方面的协调配合,制定出调整其他电源出力的方案。此外,主动安全控制技术还与电力系统的智能调度系统紧密集成,利用人工智能技术的预测功能提前规划电力系统的运行方式,合理安排各类电源的出力计划。

2.2 新型终端接入防护组件研究

在当今的电力系统中,随着各种新型终端设备的不断接入,如电动汽车充电设施、分布式能源系统等,电力系统的安全性和稳定性面临着前所未有的挑战。为了有效应对这些挑战,一种集成了过流过压保护、短路保护、接地保护等多重防护功能的新型终端接入防护组件应运而生。过流过压保护是其中最为基础也最为关键的一环,即当终端设备接入电网时,防护组件会实时监测设备的电流和电压。一旦电流或电压超过预设的安全阈值,组件会立即启动保护机制,迅速切断电源。

为了防止短路故障的发生,防护组件内置了高精度的电流传感器和智能算法。当检测到电流异常增大,即发生短路时,组件会立即切断电源,避免故障的进一步扩散。在电力系统中,防

护组件实时监测设备的接地状态,一旦发现接地不良或接地线断开等异常情况,会立即发出预警信号,并采取相应的保护措施。

除了上述的多重防护功能外,新型终端接入防护组件还具备自我诊断和故障预警功能。组件内置智能算法和自检检测电路,能够实时监测自身的运行状态。一旦发现传感器失灵、电路老化等故障或潜在风险,组件会立即发出预警信号,提醒运维人员进行检修和维护。以电动汽车充电设施接入电网为例,新型终端接入防护组件能够实时监测充电过程中的电流和电压变化。一旦充电电流或电压出现异常波动,如超过设定的安全范围或发生短路等故障,组件会立即切断电源。同时,组件还会利用智能算法分析故障原因,发出预警信号。

2.3 网络安全智能防御决策算法研究

随着分布式能源、电动汽车充电站、智能电网设备等新型终端的大量涌入,电力系统的网络边界日益扩展,网络攻击面也随之增加,给电力系统的安全稳定运行带来了前所未有的挑战。网络安全智能防御决策算法依托大数据平台,实时监测和分析海量分布式资源设备运行状态、网络流量、用户行为等多种类型的数据。

为了构建准确的威胁识别和研判分析模型,算法采用了深度学习、机器学习等先进技术。深度学习技术模拟人脑神经网络的工作原理,对海量数据进行逐层特征提取和抽象,从而学习到数据的内在规律和模式。机器学习技术则训练大量样本数据,让算法具备自我学习和优化的能力,不断提高威胁识别的准确性和效率。

在数据挖掘方面,算法运用了关联规则挖掘、聚类分析、异常检测等多种技术手段。关联规则挖掘帮助算法发现设备数据之间的关联性和依赖性,从而揭示出潜在的攻击路径和攻击手段。聚类分析将相似的网络行为或设备状态进行归类,便于算法对异常行为进行快速定位和识别。异常检测技术对比正常行为和异常行为的特征差异,及时发现并报警潜在的网络攻击行为。一旦算法识别出潜在的网络攻击行为,它会立即生成智能化、自动化的最优防御决策方案。此外,随着网络攻击手段的不断变化和升级,算法会不断收集新的攻击样本和数据,对模型进行训练和优化。

2.4 数据安全技术研究

在新型电力系统的构建过程中,恶意流量威胁防御、隐私增强电力数据安全共享及后量子加密等技术手段扮演着至关重要的角色。恶意流量威胁防御技术实时监测和分析网络流量数据,精准识别出异常流量和潜在的网络攻击行为。具体来说,恶意流量威胁防御系统部署在数据中心、变电站的通信网络入口等网络的关键节点上,对经过的流量进行深度包检测、行为分析以及流量模式识别。运用机器学习算法和深度学习模型,系统自动学习和提取正常流量的特征,建立起一套完善的流量行为基线。一旦有流量偏离这条基线,系统就会立即触发警报,并阻断恶意流量、隔离受感染设备等。

在电力系统中,大量数据涉及用户的用电行为、设备运行状态等敏感信息,如何在保证数据隐私的前提下实现数据的安全共享成为亟待解决的问题。隐私增强技术采用先进的加密技术和匿名化处理手段,对电力数据进行保护。加密技术使数据在传输和存储过程中不被未经授权的第三方获取,即使数据被截获,也无法解密获取其中的敏感信息。匿名化处理则对数据中的个人标识信息进行脱敏处理,使数据在共享时无法追溯到具体的个人或设备,从而保护用户隐私。此外,隐私增强技术还结合访问控制、数据脱敏、差分隐私等多种技术手段,为电力数据的安全共享提供全方位、多层次的保障。

3 理论和实践依据

3.1 理论依据的坚实支撑

利用电力系统稳态分析与暂态稳定性分析技术,对融入风电、光伏等新能源的电力系统进行详尽建模,构建包含新能源发电模块的电力系统模型,精确评估新能源对系统电压、频率稳定性及潮流分布的影响。借助MATLAB/Simulink、PSASP等电力系统仿真工具,开展模拟实验。融合网络攻防与密码学理论,深入探究新能源接入中潜在的DDoS攻击、恶意软件入侵等威胁。构建基于深度学习的网络入侵检测系统,实时监测网络流量,及时防御潜在攻击。运用AES、RSA等加密技术,保障电力数据在传输存储中的安全。

3.2 实践依据的丰富经验

以某风电场为例,分析其接入电力系统后的运行数据,揭示风电输出功率波动性对系统稳定性的影响。针对此问题,提出风电预测与智能调度方案,通过预测风电输出并调整其他电源出力。多年运维中积累的经验表明,新能源设备接入时的过流过压保护至关重要。因此,在后续技术设计中,强化过流过压保护功能,显著降低类似故障概率。国内外网络安全实践案例为新能源接入的网络安全防护提供宝贵经验,分析这些案例可提炼出加强网络边界防护、实施定期安全审计等防护策略。

4 结语

全球能源转型步伐加快,新能源并网带来的挑战愈发突出,接入管控技术成为关键研究领域。国内研究在无功协调控制、电网规划及继电保护等方面取得显著成效,国际研究则集中关注光伏与储能系统的优化配置及电动汽车接入的电网影响。在本技术研究中,内容涵盖主动安全控制、新型终端防护组件、网络安全防御算法及数据安全技术,旨在增强电力系统的稳定性、安全性和网络防护能力。在理论与实践层面,电力系统分析与网络安全理论为技术研究奠定了坚实基础,而新能源发电实践与电网运维经验则提供了宝贵经验。

[参考文献]

[1]时圣尧,姜明磊,张贺一,等.高比例风电接入的送端混合级联直流输电系统无功协调控制策略[J].综合智慧能源,2024,46(11):83-91.

[2]赵晓叶,江海洋,陈梦贤.大规模新能源发电接入对地区电网的挑战和对策[A]全国绿色数智电力设备技术创新成果展示会论文集(三)[C].中国电力设备管理协会,中国电力设备管理协会,2024:3.

[3]张秋怡,李梦娜,等.新能源电厂接入对电网继电保护的影响[J].农村电气化,2024,(01):41-44.

[4]王周毅.电网规划中的新能源接入影响与建议[J].电子技术,2023,52(10):72-73.

[5]严欢,王雷,李再华.提升新能源高占比送端电网接入能力的特高压直流落点方案及措施研究[J].电气应用,2023,42(7):1-8.

[6]翟青峰,童雪燕,王小奎.一二次融合的智能开关解决光伏发电新能源接入系统的痛点[J].中国高新科技,2023,(13):78-80.

[7]Khezri R, Mahmoudi A, Aki H. Optimal planning of solar photovoltaic and battery storage systems for grid-connected residential sector: Review, challenges and new perspectives[J]. Renewable and Sustainable Energy Reviews,2022,153:111763.

[8]Merrington S, Khezri R, Mahmoudi A. Optimal sizing of grid-connected rooftop photovoltaic and battery energy storage for houses with electric vehicle[J]. IET Smart Grid, 2023,6(3):297-311.

[9]Khan A, Hosseinzadehtaher M, Shadmand M B, et al. On the stability of the power electronics-dominated grid: A new energy paradigm[J]. IEEE Industrial Electronics Magazine, 2020,14(4):65-78.

[10]Yu H, Niu S, Shang Y, et al. Electric vehicles integration and vehicle-to-grid operation in active distribution grids: A comprehensive review on power architectures, grid connection standards and typical applications[J]. Renewable and Sustainable Energy Reviews,2022,168:112812.

作者简介:

周煜廷(1996--),男,湖北荆州人,硕士研究生,国网湖北信通公司,研究方向:可信计算。

黄诚轩(1997--),男,湖北武汉人,硕士研究生,国网湖北信通公司,研究方向:人工智能安全。

张晨燕(199--),女,河南洛阳人,硕士研究生,国网湖北信通公司,研究方向:网络安全、智能推荐。