

电动汽车充电桩接入对配电网自动化运行的影响分析

臧文涛, 赵付全

(徐州三新供电服务有限公司邳州分公司)

【摘要】随着全球新能源汽车产业的迅猛发展, 电动汽车保有量呈爆发式增长, 作为电动汽车能源补给的关键基础设施, 充电桩的大规模建设与接入, 深刻改变着配电网的运行特性与管理模式, 文章聚焦电动汽车充电桩接入对配电网自动化运行的影响展开研究。系统阐述充电桩大规模接入背景下, 配电网在负荷特性、潮流分布、电压稳定性、继电保护等方面面临的新变化, 分析其对配电网自动化控制、通信系统、设备运行的潜在影响, 并提出应对策略与优化方案, 旨在为保障配电网安全、稳定、高效运行, 实现与电动汽车产业协同发展提供理论依据与实践参考。

【关键词】电动汽车充电桩; 配电网; 自动化运行; 负荷特性; 优化策略

中图分类号: TM910.6; U491.8

DOI: 10.13655/j.cnki.ibci.2025.S2.175

Analysis of the Impact of Electric Vehicle Charging Pile Access on the Automatic Operation of the Distribution Network

ZANG Wen-tao, ZHAO Fu-quan

(Xuzhou Sanxin Power Supply Service Co., Ltd. Pizhou Branch)

【Abstract】With the rapid development of the global new energy vehicle industry, the number of electric vehicles has increased explosively. As a key infrastructure for the energy supply of electric vehicles, the large-scale construction and access of charging piles have profoundly changed the operation characteristics and management mode of the distribution network. This paper focuses on the impact of electric vehicle charging pile access on the automatic operation of the distribution network. This paper systematically elaborates the new changes faced by the distribution network in load characteristics, current distribution, voltage stability, relay protection, etc. under the background of large-scale access to charging piles, analyzes its potential impact on the automatic control, communication system and equipment operation of the distribution network, and puts forward coping strategies and optimization plans, aiming to provide theoretical basis and practical reference for ensuring the safe, stable and efficient operation of the distribution network and realizing the coordinated development with the electric vehicle industry.

【Keywords】electric vehicle charging pile; distribution network; automatic operation; load characteristics; optimization strategy

1 引言

配电网自动化是电网智能化与高效化的核心支撑, 充电桩接入使配电网负荷特性更趋复杂多变, 给配电网自动化运行的可靠性、稳定性与经济性带来挑战。研究充电桩接入对配电网自动化运行的影响并探寻有效对策, 对促进电动汽车产业与电力行业协同发展、提升配电网智能化水平具有实际意义。

2 电动汽车充电桩的发展现状

截至 2025 年 7 月底, 中国充电基础设施达 1669.6 万个, 同比增长 53%, 达“十三五”末 10 倍, 规模居世界首位。其中公共充电设备 420.2 万个, 同比增长 38%; 私人充电设备 1249.4 万个, 同比增长 58.8%。交流与直流充电桩技术规格存在差异^[1]。

以安充智能产品为例, 其 7kW 交流单枪桩额定功率 7kW、输入电压 AC220V±20%、频率 50Hz±10%, 最高输出电流 32A。随着技术发展, 800V 高压快充备受关注: 麒麟 5C 电池加持下, 理想 MEGA 峰值充电电流 700A、功率 520kW, 12 分钟可补充续航 500km, 这需配套 800V 超充桩。当前商业快充桩以 400V 为主, 800V 配套稀缺, 未来 800V 高压超充桩将加速推广。

3 电动汽车充电桩接入对配电网自动化运行的影响

3.1 负荷特性的变化

电动汽车充电桩接入显著重塑了配电网负荷特性, 其负荷的随机性、波动性, 加之车主出行习惯与

充电需求差异,增加了充电时间与功率精准预测的难度(见图1)。研究显示,部分大城市下班黄昏时段充电桩使用率显著上升,且与居民用电峰值重合^[2]。数据表明,充电桩广泛应用后,某城市18:00-21:00电力负荷峰值较此前增长约20%。功率方面,交流充电桩通常约7kW,直流快充桩可达120kW及以上,大量快充桩同时运行对瞬时功率要求极高。以某停车场配置10个120kW快充桩为例,满负荷运行时总功率达1200kW,相当于小型工厂电力需求。这种大功率、随机性充电行为打破了配电网原有负荷平滑特性,进一步拉大峰谷差,加剧高峰时段配电网供电压力与电力调度难度。



图1 电动汽车充电桩实景图(图片来源:https://www.yoojia.com/dongtai/1133276002?from_src=biji_tab)

3.2 电压稳定性的影响

充电桩接入对配电网电压稳定性存在显著影响。大量电动汽车集中充电,尤其是大功率快充桩的使用,会导致配电网线路电流增大。依据欧姆定律,线路电阻恒定,电流增加将扩大线路电压降,进而引发末端电压下降。以某老旧小区为例,其原有配电网未充分预留电动汽车充电需求,当多名居民同时使用7kW交流充电桩时,部分用户端电压下降

约5%,超出正常波动范围,干扰其他家用电器正常工作。技术参数上,800V高压快充技术单枪功率通常达480kW及以上,此类大功率集中接入将导致当地配电网电压大幅跌落^[3]。此外,充电桩内电力电子设备运行会产生谐波,这些谐波注入电网后将导致电压畸变,扰动配电网正常电压波形,进一步影响电压稳定性。电压不稳不仅会降低电动汽车充电效率,还会损害电池寿命。研究表明,电压波动超出正常范围1%时,电动汽车电池使用寿命可能缩短2%~3%,长远来看将对用户使用与电网稳定运行产生负面影响。

3.3 继电保护冲击

充电桩接入给配电网继电保护造成冲击。传统配电网继电保护装置以负荷特性、短路电流水平为整定依据,而充电桩接入改变了配电网短路电流等级。电动汽车充电桩发生故障或短路时,短路电流的大小与特性有别于传统负荷失效场景,例如部分充电桩含大量电力电子元件,短路时会产生非周期分量及高次谐波,导致短路电流波形畸变,可能引发继电保护装置误动或拒动。以配电网为例,接入一定量充电桩后,某充电桩发生短路故障,因短路电流特性特殊,原整定的过流保护装置未能及时动作,延长故障切除时间,影响配电网供电可靠性。此外,各类充电桩接入地点与数量分布不均,还会改变配电网潮流分布,导致继电保护装置保护范围与灵敏度变化。若继电保护定值未及时重新校验与整定,故障发生时将无法快速准确切除故障,扩大停电范围,影响电力系统安全平稳运行。

3.4 通信系统的压力

充电桩在配电网中的大范围接入给通信系统带来更大压力。充电桩与配电网自动化系统需通过实时通信,实现充电桩监测、计费、远程控制及负荷调度。数据传输方面,各充电桩接收配电网自动化系统控制指令时,需实时上传充电状态、功率、电压及电流数据。以某中等规模城市为例,1万个充电设备每秒产生的数据量高达数MB,这种海量数据传输需求对通信带宽构成巨大挑战。当前部分充电桩采用4G通信技术传输数据,常出现信号延迟或中断;且部分偏远地区通信基础设施薄弱,难以满足充电桩数据传输需求。此外,充电桩通信系统需防止数据被盗用或篡改,保障数据安全稳定。随着充电桩数

量增长与智能化功能升级(如有序充电控制、车网互动 V2G 等),对通信系统的实时性、可靠性与安全性提出了更高要求。若通信系统无法满足需求,将导致充电桩控制失效、数据缺失等问题,影响配电网自动化运行与用户正常使用。

4 电动汽车充电桩接入对配电网自动化运行影响的对策

4.1 对充电桩进行有序充电和负荷调控

实施充电桩有序充电与负荷调控可有效缓解其接入给配电网带来的压力,通过智能充电管理系统依据配电网实时负荷状态对充电桩功率实施动态调节。例如采用分时充电策略,电网负荷低谷时段(23:00-7:00)允许 7kW 交流桩、120kW 直流桩满功率运行;负荷高峰时段(17:00-21:00)将直流桩功率限制至 60kW、交流桩限制至 3.5kW,充电功率降低约 50%,同时借助 V2G(车网互动)技术,使电动汽车在电网负荷高峰时反向供电。

根据实测数据,配备 60kW·h 电池的电动汽车在 V2G 模式下可输出 30kW 功率,连续放电 2 小时为电网供应 60kW·h 电量,通过集群控制,1000 台电动汽车组成的 V2G 网络在峰值时可提供 30MW 调节能力,等效于小型储能电站。此外,应用负荷聚合商技术可将分散充电桩整合为虚拟电厂,某聚合平台连接 5000 个充电桩时可形成 15MW 可调负荷容量,显著增强电网调峰功能;同时构建综合历史数据、天气及节假日影响的充电桩负荷预测模型,运用深度学习算法提升预测精度并将误差率控制在允许范围,依据预测结果制定充电策略,引导用户有序充电以降低负荷波动对配电网的影响。

4.2 对配电网自动化系统架构和功能进行优化

配电网自动化系统架构优化需同步更新硬件设备与软件平台。硬件方面,将传统馈线终端单元(FTU)升级为智能配电终端,通信速度从 9600bps 提升至 100Mbps,数据处理能力提升 10 倍以上,可实现对充电桩的毫秒级响应;在充电桩密集区域部署边缘计算节点,通过本地化数据处理降低超 50% 的核心网络传输压力,如试点区域部署 100 台边缘计算节点后,数据传输延迟从 500ms 降至 50ms,满足实时控制需求。软件平台方面,引入数字孪生技术构建配电网虚拟模型,与物理系统实时交互,可仿真不

同情景下充电桩接入对电网的冲击,为调度提供科学决策依据;研发集成优化算法的智能决策系统,在满足用户充电需求的同时最小化电网损耗,经实验验证,该系统可使配电网络线损率下降 3%~5%;同时搭建充电桩—配电网协同运行体系,通过实时采集充电桩功率、电压、电流等 20 余个参数实现精准管控,该系统支持远程升级且能快速适配新充电桩设备,有效增强自动化系统的兼容性与扩展性。

5 结语

随着电动汽车充电桩的大量接入,配电网的自动化运行面临了许多新的问题和挑战,这也为配电网的转型和升级提供了新的机会。

通过深入剖析充电桩的接入给配电网各个方面带来的影响,并有针对性地提出优化策略,可以有效增强配电网对电动汽车负荷增加的响应能力,确保配电网安全、稳定和高效地运行。

今后,在电动汽车技术和智能电网技术日益发展的背景下,仍需要继续加强相关研究并进一步探讨更科学合理的解决措施,以促进电动汽车和配电网之间协同可持续发展。

参考文献

- [1] 王英强, 张守金, 张守军. 电动汽车充电桩的用户需求分析与服务质量提升[J]. 汽车维修与保养, 2025 (8): 124-125.
- [2] 李博, 朱琳, 王金龙. 智能充电桩系统的设计[J]. 汽车维修技师, 2025 (16): 16-17.
- [3] 孙海丽. 电动汽车充电桩计量系统的精度评估与误差分析[J]. 汽车知识, 2025, 25 (9): 248-250.