

电动汽车充换电安全风险多层级智能防控及系统应用技术研究

窦 胜, 刘国鹏

(南京能瑞电力科技有限公司, 江苏 南京 211100)

摘要: 随着政策的支持和规模化电动汽车接入电网, 用电安全越来越受到关注, 包括车、桩、网和人的安全。在这个环节中, 充电桩作为电力传输的介质, 安全风险犹为须要重视。针对充换电设备本地和其平台的研究, 通过冗余保护、功率调配单元和智慧运营平台的联动机制, 实现电动汽车充换电安全风险多层级智能防控。首先, 充换电设备结合现有国标, 优化设备选型和功能设计, 降低安全风险; 其次, 鉴于变压器扩容不便、但同时满足多车辆同时充电的现状, 采用增设功率调配单元监控充电需求与剩余电力容量, 达到需求与能力有效平衡; 最后, 为共享分支箱和延用原有塑壳断路器及其电力线缆, 保证设备的最大化使用的同时, 采用智慧运营平台进行精准防范和控制。

关键词: 冗余保护; 功率调配单元; 智慧运营平台; 多层级

中图分类号: TM764

Research on Multi-layer Intelligent Prevention and Control of Safety Risks in Electric Vehicle Charging and Switching and System Application Technology

DOU Sheng, LIU Guopeng

(Nanjing Nengrui Electric Power Technology Co., Ltd., Jiangsu Nanjing 211100, China)

Abstract: With the support of policies and the integration of large-scale electric vehicles into the power grid, electricity safety is receiving increasing attention, including the safety of vehicles, piles, networks, and people. In this process, as the medium for power transmission, the safety risks of the charging station still do not need to be taken seriously. Research on local and platform charging and swapping equipment, through the linkage mechanism of redundant protection, power allocation units, and smart operation platforms, to achieve multi-level intelligent prevention and control of safety risks in electric vehicle charging and swapping. Firstly, the charging and swapping equipment should be combined with existing national standards to optimize equipment selection and functional design, and reduce safety risks; Then, considering the inconvenient expansion of transformers but the current situation of meeting the simultaneous charging of multiple vehicles, an additional power allocation unit is added to monitor the charging demand and remaining power capacity, achieving an effective balance between demand and capacity. Finally, in order to share branch boxes and extend the use of existing molded case circuit breakers and their power lines, while ensuring the maximum use of equipment, intelligent operation platforms are used for precise prevention and control.

Keywords: redundant protection; power allocation units; smart operation platforms; multi-level

0 引言

近两年, 国家能源局等有关部门出台了一系列支持政策推动充电基础设施规划建设, 全国充电桩累计数量快速增长^[1]。根据中国电动汽车充电基础设施促进联盟发布的统计数据, 截至 2022 年 12 月全国充电基础设施累计数量达到 521.0 万台, 同比增加 99.1%。未来新能源汽车行业的发展将带动充

收稿日期: 2023-04-19

电桩数量快速增长, 预计 2023 年中国充电基础设施累计数量将达到 958.4 万台, 快速发展的 10 年间, 出现过多次充电过程重大安全问题^[2]。

非车载充电机普遍使用传统的单一电气保护, 通过剩余电流动作保护器或者人工急停来保障设备的安全运行, 这样满足不了高安全可靠的运行需求。场站整体充电需求与台区配电容量、电网投资改造之间的矛盾日益突出, 即充电桩群与电网之间的互联互通急需解决, 否则变压器、电力线览等

容易出现过负荷运行,影响到电网安全^[3]。同时,针对配电网超承载能力的问题,电网调峰和调压困难的问题,要综合考虑消纳与电网调节能力的储能配置策略^[4-5]。

电动汽车与智能充电桩可通过 GB/T 18487.1—2015《电动汽车传导充电系统 第1部分:通用要求》的充电模式3(交流充电)或充电模式4(直流充电)规定的控制导引方式进行有序充电,实时响应充电功率调节指令。监测容量不足时,应采取充电功率等比分摊措施,可减至最小功率,监测容量充足时,应提升到额定功率充电;监测容量严重不足时,应采用最小功率充电措施;当台区越限时,应依序切除后来充电负荷;若通过以上措施仍不能保证电网安全运行时,则应切除全部充电负荷;监测容量充裕时,应恢复先来充电负荷。上述实时调度策略是根据电动汽车的充电功率可调节功能进行规定,若电动车辆具备延时启动、断电续充功能时,则可参照实施更优的充电计划调度方式。

1 实现原理

1.1 充换电设备保护原理

非车载充电机的充电电路主要包括充电主回路和充电控制回路^[6]。其中充电主回路的输入端通过供电接口与380 V交流电源连接,输出端通过充电接口与电动汽车连接。充电主回路主要包括交流断路器、充电模块、熔断器和输出接触器,充电控制回路主要包括控制器、辅助电源和输出继电器。此外,还包括与控制器连接的上行通信单元和人机交互界面。因此,在传统保护的基础上,增加了多重保护,以实现非车载充电机的多级冗余保护^[7]。通过交流电能表和直流电流表配合控制器使用,两种电能表将检测到的电压、电流、功率等数据反馈至控制器,控制器判断充电主回路的电压、电流状况,例如出现输入侧电压缺相、某一相电压异常、输出侧电流过流等现象时,控制器可根据预先设置的需求发出停机指令,一方面提高了使用的安全性,另一方面也能提高相关电气元件的使用寿命。

在控制回路中,通过微型断路器将主回路与控制回路隔离开来,通过快速熔断器保护控制回路不受输出高压的影响,并设有控制引导保护。

通过电路设计和多级冗余保护机制,从各个维

度对充电机进行保护,形成多级冗余保护机制如图1所示,大大提升充电机及使用过程的安全性,完全符合 GB/T 18487.1—2015《电动汽车非车载传导式充电机与电池管理系统之间的通信协议》对电动汽车传导充电系统的要求,同时也可以更加精确的判断设备运行状态和更稳定地执行保护措施,从而提高了电气安全保护的完备性、实时性、准确性和环境适应性。

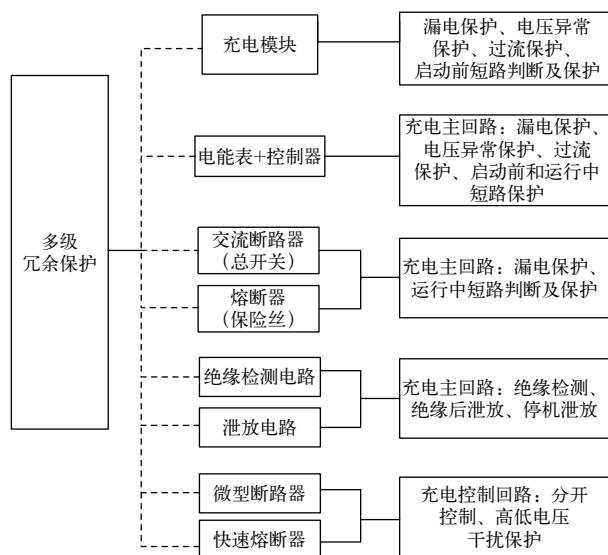


图1 多级冗余保护框图

1.2 平台原理

电动汽车智慧运营平台的实现主要分为3大阶段:信息汇聚阶段、协同感知阶段、泛在聚合阶段,即实现信息流的采集、处理与综合应用。为精益采集电动汽车以及充电桩的各项信息,增强用户的参与感,须建立智能量测系统,实现充电信息的智能处理,为充电系统的智能化奠定基础^[8-9]。

智能量测系统主要由3部分组成,分别为信息源、信息传输通道、信息处理中心,如图2所示。

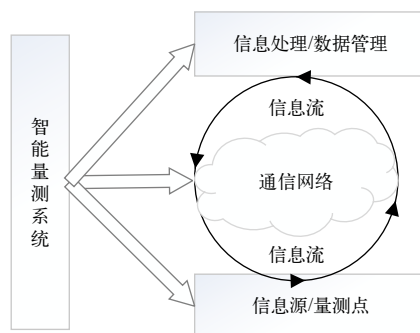


图2 智能量测系统结构

在智能充电系统中信息源主要包括电动汽车的充电需求、充电桩的使用率以及电网实时运行量测信息、(电网负荷、实时电价)等;信息传输通道主要负责将空间上广域分布的信息从信息源传输至信息处理中心,即云平台,将控制指令传输至实施环节;信息处理中心将信息源的信息进行分类汇总并处理,以供控制决策,实现充电设备的有序充电。

将具有电能传输功能的电动车网和桩网通过云平台(即“两网一云”)进行智慧融合,实现各参与要素间的便捷、高效、协同运行以及资源优化匹配^[10]。考虑出功与负载状态,推导电动汽车最优效率馈网的临界条件,给出超出临界点后网侧储能的出力函数^[11]。平台获取固定编号充电桩输出电压、输出电流和输出功率及其输入参数的数值,同时,低压柜出线 and 分支箱中电能表数值通过 645 规约,将对应的功率、电压、电流值上报至平台,图 3 是电动汽车与充电设备在配电网中的连接框图。

2 平台控制

2.1 平台控制策略

电动汽车大规模的涌入必然增加电网负荷,如果不合理充电将导致电网峰谷差加大、电网利用率降低,甚至超出电网的承载能力,影响电网运行的可靠性。因此,针对这一特性,有必要实施有序充电策略,保障电网运行的稳定性与可靠性^[12]。

针对非车载充电机,根据 GB/T 27930—2015《电动汽车非车载传导式充电机与电池管理系统之间的通信协议》,BMS 会将充电需求告知充电桩,功率调配单元获取 n 个充电桩的功率需求,并对各充电桩的功率需求进行相加得到总需求功率 Q ,根据电网配变容量 D ,云平台控制系统分配各充电桩的充电容量 Q' 。非车载充电机与交流充电桩工作原理不同,因而功率分配方式有所差异,其中非车载充电机的充电容量分配方式如公式(1)所示:

$$Q_i = \mu P_i \quad (1)$$

式中: μ 为比例系数; Q_i 为每台充电机分配所得功

率; P_i 为每台充电桩额定功率,比例系数确定方式如公式(2)所示:

$$\mu = \begin{cases} 1, & D \geq Q, \\ \frac{D}{Q}, & D < Q. \end{cases} \quad (2)$$

交流充电桩根据比例系数 μ ,相应地调节 PWM 占空比,实现有序充电,交流充电桩占空比与功率之间关系如表 1 所示。

表 1 交流充电桩占空比与功率关系

序号	PWM占空比 /%	输入电流 /A	输入电压 /V	车载充电机规格 /kW
1	16.7	10	232	3.3
2	26.7	16	232	3.3
3	40.0	24	232	7.0
4	53.3	32	232	7.0
5	70.0	42	232	40.0
6	89.2	63	232	40.0

充电桩的控制器根据云平台配置的功率,保持电压值不变,电流按比例调节系数下发至充电模块,命令其输出,进入充电阶段,保障充电桩的有序工作。

2.2 多层级智能防控

将“智慧运营”平台和一二次设备通过接口技术,实现很好地融合,应用于电动汽车综合功率调配的智慧平台。特别针对变压器、所辖片区以及分支箱开关,实现多范围层级的监测控制设计,独立的无线通道和以太网通道,建立双链接机制,实现上线率的双重保障;另外针对电动汽车通信用 CAN 口和一二次设备通信用 RS485 口,将各自通道隔离,避免相互干扰。图 4 是智慧运营平台与充电设备通信框图。

2.3 功率调配单元的设计

对于特定场景,不连接平台的情况,将设置功率调配单元以实现本地安全控制。定位为充电场站现场群充群管设备,安装在户外,防护等级 IP54,要求简洁、占用空间小、有人机交互、可实时监测和调控充电桩的运行。



图 3 电动汽车与充电设备在配电网中的连接图

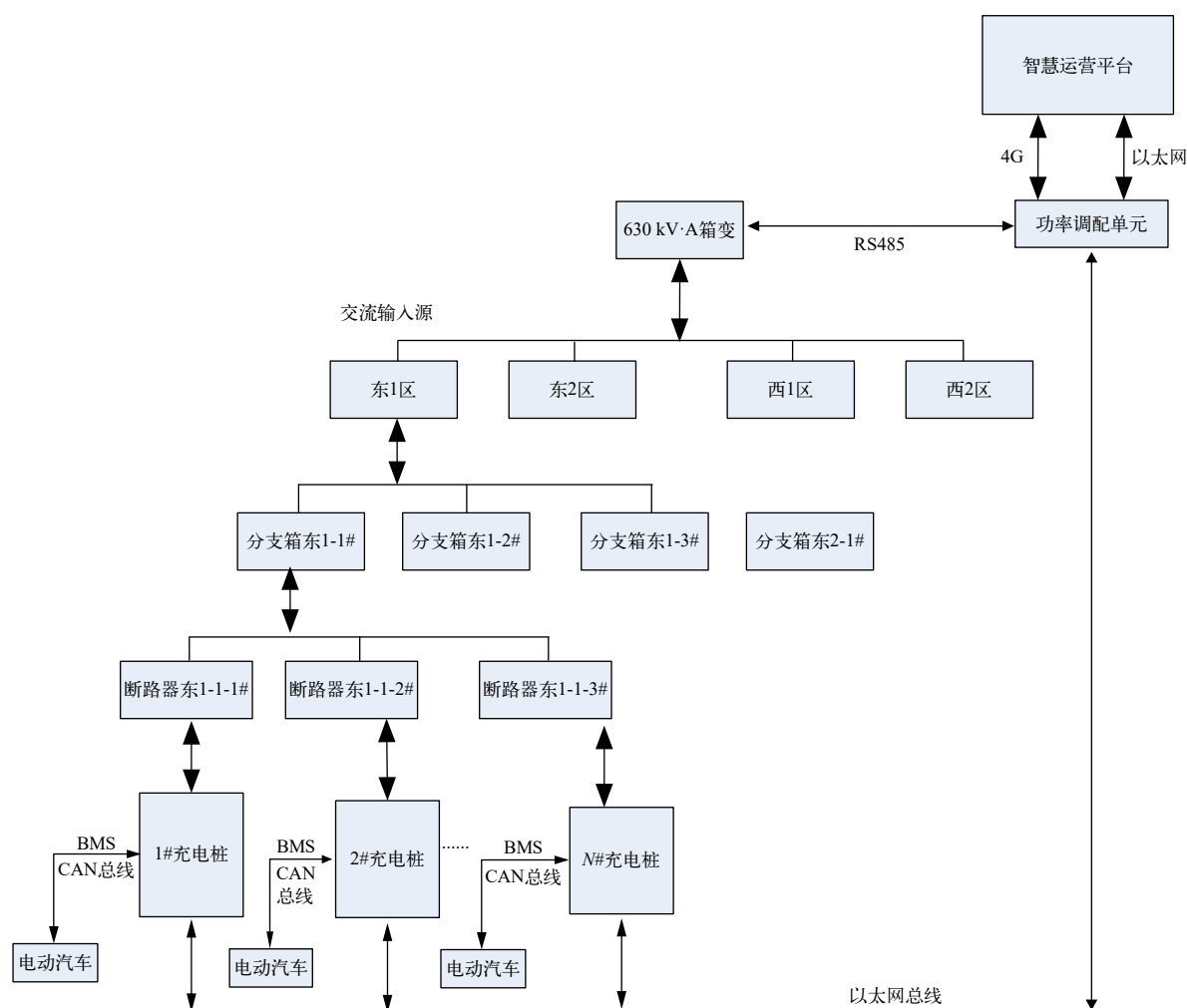


图4 智慧运营平台与充电设备通信框图

功率调配单元由触摸屏和控制板2部分组成，触摸屏具备运行参数维护功能和桩群状态显示功能，触摸屏与主控板之间通过232或485通信，通信协议采用Modbus协议，相关参数和数据通过寄存器读取和写入。触摸屏维护界面将参数下发给主控板，主控板保存设置参数；主控板通过485总线与下属充电桩实时交互，主控板读取充电桩当前充电的状态、电压、电流、功率等数据，自身执行功率分配策略，将调控命令发送给下属充电桩；充电桩根据调控命令进行自身功率输出的调节。

此外，该功率调配单元的应用对单个充电桩的特点并不限制，可基于现有的普通充电桩直接改造，也可以采用实施例1中的充电桩优选方案，在保证互联互通的同时，保证整个充电系统的安全可靠，如图5、图6所示。

通过对上述平台的设计和应用，从各个维度对

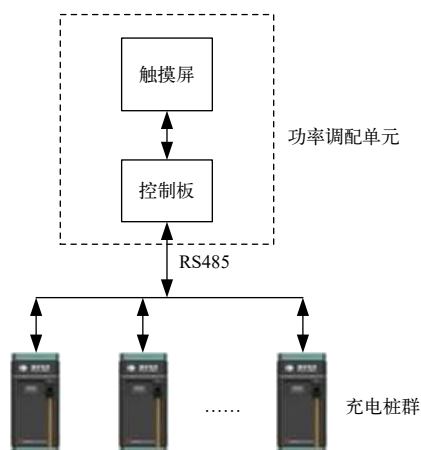


图5 功率调配拓扑图

功率进行科学配置，包括变压器、所辖片区以及片区中分支箱开关进行逐层级的功率配额，保证充电机安全、高效、稳定运行。

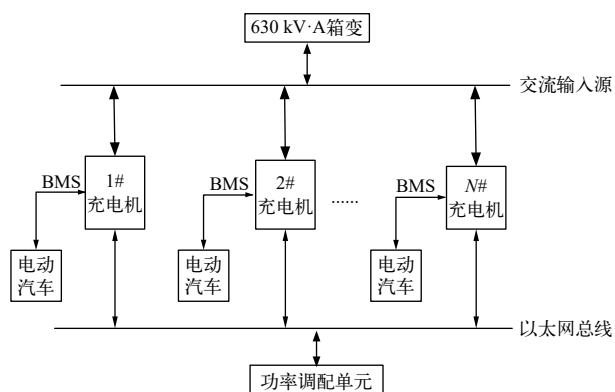


图6 功率调配系统图

3 应用实例

3.1 “1区-南”响应

选取某充电场站点为研究对象，通过本地充电设施智能控制器的边缘计算能力以及云平台有序控制策略，形成的优化调度算法指令下发至所有充电设备，有序充电和无序充电效果如图7所示。图中绿色曲线为需求功率1348 kW，蓝色曲线为实际获得功率644 kW，红色曲线为设定的“1区-南”供电能力值750 kW。



图7 “1区-南”平台策略响应图

3.2 “5#分支箱”响应

运营平台不仅可以针对某个充电站中分区管控，还可以针对某一固有分支箱进行控制，如图8所示。图中绿色曲线为需求功率2043 kW，蓝色曲线为实际获得功率749 kW，红色曲线为设定的配电站供电

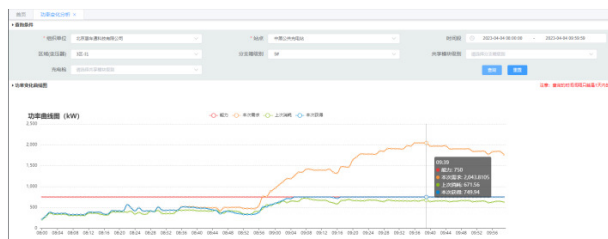


图8 “5#分支箱”平台策略响应图

能力值750 kW，逼近上限功率，确保运营效率最优，且运行安全。

4 结束语

通过功率调配单将本地充电桩、电动汽车动力电池以及台区配电信息等实时数据进行集中处理，从而实现充电桩与充电桩之间、与电网之间的互联互通，并根据实时通信获取的充电桩输出能力、动力电池充电需求及配电容量信息建立等比例分配充电决策模型，不仅实现了当前充电过程中的最优控制策略，而且响应了互联互通的控制需求，并能与电网保持良好的互动。从原先单个充电桩的安全保护到桩群，继而延伸至整个充电网络，保护的对象不断拓展，保护的手段不断增加，确保整个充电系统安全可靠运行。

参考文献

- [1] 刘安苙, 袁旭峰, 李婧. 城市配电网下的电动汽车有序充电策略研究[J]. 电测与仪表, 2018, 55(21): 50-55+74.
- [2] 刘宏新, 江冰, 杨东伟. 全力构建泛在电力物联网[J]. 国家电网, 2019(4): 44-47.
- [3] 窦胜. 非车载充电机及其散热系统主动适应和自诊断方法: 中国, CN108495522 B[P]. 2020-06-30.
- [4] 张光儒, 任浩栋, 马振祺, 等. 提升配电网承载力和调节能力的整县分布式光伏储能配置方法[J]. 电气技术, 2022, 23(11): 49-55+61.
- [5] 蔡建逸, 林裕新, 吴泽鑫, 等. 配电网联络开关异动感知及自适应纠正的防误方法[J]. 电气技术, 2022, 23(3): 92-97.
- [6] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中华人民共和国国家标准化委员会. GB/T 18487.1-2015. 电动汽车传导充电系统 第1部分: 通用要求[S]. 北京: 中国电力出版社, 2015.
- [7] 葛少云, 郭建祯, 刘洪, 等. 计及需求侧响应及区域风光出力的电动汽车有序充电对电网负荷曲线的影响[J]. 电网技术, 2014, 38(7): 1806-1811.
- [8] 吴甲武, 邱晓燕, 潘胤吉, 等. 基于改进鸡群算法的电动汽车有序充电策略研究[J]. 电测与仪表, 2019, 56(9): 97-103.
- [9] 杨庆新, 张献, 章鹏程, 等. 电动车智慧无线电能传输云网[J]. 电工技术学报, 2023, 38(1): 1-12.
- [10] 周玮, 蓝嘉豪, 麦瑞坤, 等. 无线充电电动汽车V2G模式下光储直流微电网能量管理策略[J]. 电工技术学报, 2022, 37(1): 82-91.
- [11] 余星儒, 高桂革. 基于粒子群算法的电动汽车有序充电控制策略的研究[J]. 电力学报, 2017, 32(3): 194-199+264.
- [12] 王海燕, 邓烽. 基于台区负荷平衡和优化的电动汽车有序充电策略研究[J]. 电气应用, 2019, 38(1): 66-70.

作者简介

窦胜(1990—), 男, 硕士研究生, 主要从事电动汽车充换电设备充放电技术的研究工作。

(责任编辑: 张峰亮)