

户外车位式小冲击负荷的直流充电站的研制

郭青龙

(广东绿网新能源科技有限公司, 广东 珠海 519060)

摘要: 本文研究设计了一种户外车位固定式安装用的小冲击负荷直流快速充电站系统。该站系统容量下配备2个能对电动汽车同时或独立实施直流充电桩的管理子系统。该技术方案采用太阳能、风能发电与市电组合对储能系统补电的一体化集成方案, 对应用点市电的负荷冲击很小。本集成技术方案为户外公路或已有露天停车场、加油站工况下的直流充电站提供了选择性思路。这种措施下的车位固定式安装电动汽车快速充电站系统, 可以满足安装使用地点的供电稳定与电网安全、驶入电动汽车充电、补电需求, 是一种有效双赢的快速充电站用技术系统。

关键词: 冲击负荷; 直流充电桩; 新能源发电; 储能系统; 户外车位

Development of a small impulse load DC charging pile for outdoor parking spaces

GUO Qinglong

(Green-net New-energy Technology Co., Ltd., Zhuhai 519060, China)

Abstract: This paper introduces the fast charging electric vehicle station of small impulse load is used for outdoor parking directly placed. The two DC charging piles controlled by the subsystem control can work simultaneously or work independently, which is the standard configuration of the capacity of the energy storage charging station system. The energy complement of the integrated energy storage system is completed by solar power generation, wind power generation and commercial power supply hybrid control input, while the storage system allows the user terminal distribution impact load on the grid is very little. The scheme is the technical support for the construction of DC charging piles for the parking spaces on the side of the highway (parking), outdoor parking and service area of the filling station. This mutual benefit and all-win comes from the DC charging station construction technology program that can be directly placed in the parking area. It also comes from the integration of the DC charging station and the new energy power generation system technology. What's more, it can realize the stability and safety of the end-user distribution network while providing the energy supplement for the electric vehicles.

Key words: impulse load; DC charging pile; new energy power generation; distributed energy storage system (DESS); outdoor parking space

0 引言

随着当前各式移动式或固定式电动汽车充电桩的安装, 电动汽车充电的随机接入给配电网带来了不可忽视的影响。作为快速充电的直流充电桩虽然都有自己独立的很多相关控制与管理技术, 但由于快速充电系统属于配网终端的大功率负载, 鉴于这种大功率负载的使用具有时空随机性强的特点^[1], 可能造成充电时间过度重叠或者是充电集中服务地段的配电网负荷过载^[2], 为确定配网终端供电的稳定性与电能质量需求, 某些区域在现有技术系统结构下对大容量快速充电站甚至需要采用 10 kV 电网

专用分配负荷下的配电网络与线路才能建设^[3], 当然也有一些离网式储能充电站采用太阳能发电系统设计完成建设^[4-6]。结合大量文献对充电站的经济运行及建站选址定容的研究来看^[7-13], 虽然逐步完善和优化配电网络^[14]是一个方面, 但这些文献指出的几类方式仍没有充分评估项目实施时一些客观现实问题。比如: ① 专用线路充电站与市电网联接由于涉及到供电负荷的分配与当地用户条件下的电能质量管理, 从供电技术来说, 往往受到一些不可抗拒的限制条件(申请专用 10 kV 高压负荷线路或大功率低压用电终端用户而增加升级电力变压器容量等)而无法落实安装建设。② 全离网式充电站因与市电

电网完全隔离，虽然不涉及电网专用线路，但由于相关环境和系统结构导致适用性与分布布置灵活性降低，从而降低系统的有效利用率，市场接收度很低。③按照当地配电网接纳能力建设充电站的方法与电动汽车跨区域出行需求之间存在很大程度的不匹配。也即充电站的实际建设并不是全部按照基础设施的配套建设全由政府处理，同时电动车用户按照之前的汽油车应用习惯来处置自己的驾驶、停放及充电行为，使得充电桩的应用存在不确定的时空分布特点^[15]。故此，着眼于汽油车应用习惯的电动汽车充电领域的突破点是寻求有效利用原有工农业配网供电线路容量，实现终端用户额定负载下的符合电网供电稳定与质量管理要求，本文正是对此做出的设计选型方案。

1 总体结构

基于实际应用和冲击负荷的综合考虑，本文设计完成了一种基于三路电源输入的储能系统充电桩系统^[16]。这一系统基于户外已有停车站场的应用环境，组建设计如图 1 所示的各功能单元并工厂化集成，实现风能与太阳能发电独立输入，外加常规配网市电限定容量的三端输入模式对储能系统充电，由储能系统对外传送电能的就地快速建设。

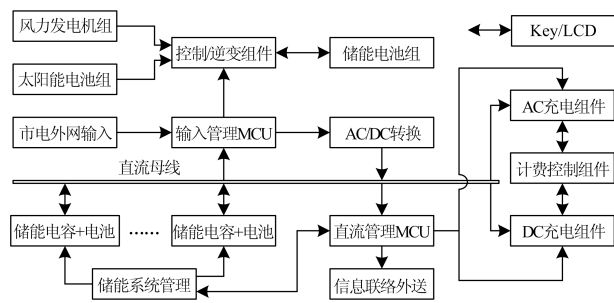


图 1 系统方框图

Fig. 1 System block diagram

为确保集成系统的稳定有效输出，系统采用直流母线系统联合整体功能管理及性能平衡的核心控制 MCU(Microcontroller Unit)方案：电源补充输入端管理 MCU、储能系统直流母线监管 MCU 和对汽车充电组件管理的内置 MCU。它们在系统中按照约定模式完成对应功能模块下进行基于制约辅助通讯信息条件的控制指令处理与输出，相对独立而又相互“提醒”协调系统指令，完成对储能系统的充放电管理和输入输出的电流限制保护管理。系统中增加的一组基于风光发电的储能电池组则是基于整体系统管理单元的供电维持与安全而设计。

1.1 光伏与风电

由于风电、光伏等可再生能源均存在一系列不稳定、不连续等缺点，故在中小型应用场合中，只有充分利用这些不同能源之间的互补性才能获得比较稳定的有意义的电能^[17-18]，当然也有研究针对风光互补发电系统进行的优化设计^[19]。而直流充电桩需要短时大电流负荷输出，后续的能量补充即时性需求显然更需要对其充电装置进行小冲击负荷下的优化设计方可有效降低发电成本和运行成本，降低充电桩对电网的功率依赖^[4]。结合户外应用及其集成系统的占地面积与可利用空域的可能性，考虑到成本与建设复杂性，光伏板采用户外箱顶固定角度安装方式，风力发电机组采用外箱对角侧绑落地固定双机并联运行。在综合系统性价比后，技术方案选择设计一种双端口输入离网型变换器实现双电源的同时有效利用和最小化功率损耗应用：光伏发电 120 V 输入，风力发电 96 V 输入。

1.2 储能输入

为良好协调充电桩的应用体验，本文设计了基于直流母线的本地能量信息管理控制机制下的多源微电网系统^[20]，这种系统以新能源发电全数接纳和配网市电关键补充为控制核心，实现一种全时段补给、分时段补充的能量输入控制。储能补充输入切换控制基本流程如图 2 所示。

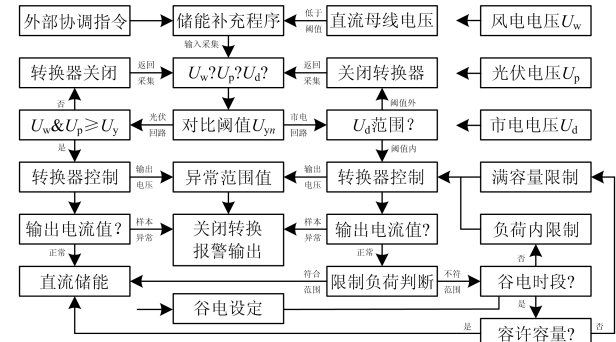


图 2 输入切换控制流程图

Fig. 2 Input switching control flow chart

电源补充输入端管理 MCU 在监测本地输入端信息的同时还接受来自外部的协同控制指令与谷电设定中断控制，并通过控制流程完成应有的输入端切换协调系统整体能量的有效管理。当输入补充能源无法按照预计维持储能系统的基本能量维持时，控制程序会给出强制关闭输出端充电机的启动指令渠道，进而保证储能缓冲系统的良好循环与控制以期实现最大效益^[21]。此状态下时，只有当输入端被强制切换至大于 32 A 市电电流输入时，汽车充电桩才能进入待充电状态，否则将一直等待直流母线的

电压恢复后自动返回正常工作流程。

特定地, 当本技术方案下产品应用场所的配网市电线路容量容许时, 储能输入控制采用全时段谷电中断软开关方式实施输入线路总能量管理。这种处理策略能在最大化利用新能源发电提高建设性价比的同时保持储能系统在接收电动汽车充电负荷时的缓冲能力, 进而提升终端用户所在配网供电线路的稳定运行性能。

1.3 储能系统

单从光伏或风能的利用率及对电网的影响角度说, 合理利用储能技术是提高可再生能源发电接纳能力的有效技术之一, 同时也对电网的运行经济性等产生更多的积极作用^[22]。同时, 对应于当前较为关注的 V2G(Vehicle to Grid)技术而言, 如何提高电力供需平衡且减小对电网的负荷冲击具有不可忽视的积极意义。储能系统的引入, 不仅可以有效增加电源的备用容量, 而且可以实现调节符合峰谷差或者是电动汽车充电离开时间的能量自我恢复周期^[23]。同时, 对于储能系统而言, 电池的充放电管理 BMS (Battery Management System) 也是电池储能系统 BESS(Batter Energy Storage System)能否良好发挥这一性能的重要因素之一。当 BESS 中电池出现充电不足或者过充等不良时, 会因为这些电池本体结构导致电池容量下降影响系统的性能。所以 BESS 对储能电池的充电方式或是能量的有效补充对系统的性能有着重大影响。

本文的研究方向是利用既有的储能技术, 并使之成为缓冲负载冲击负荷的尖峰能量^[24-26]。通过配置合适的容量, 方案采用动力电池-超级电容器组成的混合方式组成储能单元, 充分利用超级电容响应速度快、功率密度高等特点, 并结合动力电池梯度利用时依旧可以储存几倍于尖峰负荷能量、充电负荷多种随机性因素下的随机服务过程等因素, 获取简洁有效的储能系统总容量, 以期获得投资成本最低状态下的技术经济效益。

2 组件设计

系统设计集成时, 首先考虑的是高速公路停车点、加油站停车服务区点及户外大型停车场等场所, 并基于这些场所的车辆停留时间不长等因素, 借助环境优势, 采用风能光伏发电与市电协同补充储能系统, 减小快速充电站对接入对配电网的不利影响和短时间内对市电容量的依赖程度^[21]。不过, 传统上的风光互补系统是把风电和光伏单纯并联, 因电压电流等因素并不能同时给负载供电, 易造成资源浪费。虽也有一些风光互补系统采用各自独立变换

器实现, 但对小型风光互补系统并不适用^[27]。在风光互补能源系统中太阳能阵列电池是低压源, 而风力发电则被设置成了高压源, 相对地, 可以利用这个特点来设置一种新的变换器电能转换简化结构提高系统发电能力^[28]。图 3 所示是常规混合供电(图 3(a))与本文设计的基本系统(图 3(b))结构对比图。也有同样采用双输入端口电路的方案^[29], 使得这种结构能满足低成本与简单化控制策略下各自独立供电的能量管理集约型需求。但是这些管理并不适用于本技术方案的实际用电管理, 所以新系统采用了新的双输入方式实现电源能量的最大利用率。

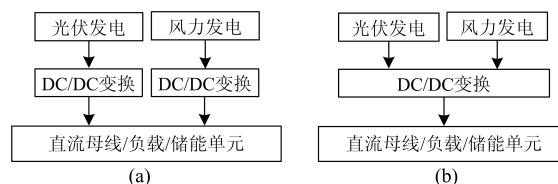


图 3 混合储能结构对比图

Fig. 3 Structure comparison of hybrid energy storage system

2.1 控制系统

对应光伏发电对电动汽车充电系统整体设计而言国内外已有诸多研究与试验, 不过这些控制系统大体系统集成基于结构、控制策略或调度模型、运行效率与经济效益评价等问题研究^[30-32]。而本文是基于实际应用与经济适用性来考虑集成系统的控制的, 特别是把新能源的最大化利用与动力电池的梯度利用作为储能系统关键部件的技术思路来完成设计。本方案设计时采用了如图 4 及图 5 所示的方式, 实现储能输入充电和基于直流母线的对外通过专用充电机对电动汽车充电的管理模式。

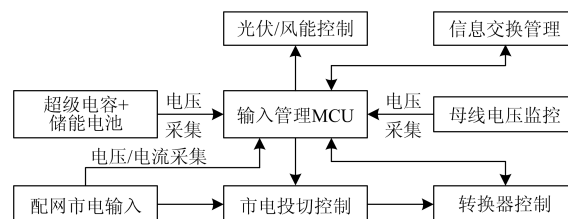


图 4 储能输入管理

Fig. 4 Energy input management

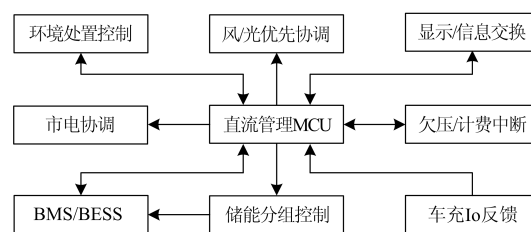


图 5 储能系统管理

Fig. 5 Energy storage system management

按照设计方案,本系统中采用的储能电池是降级使用的动力电池,虽然当前对优化配置这些电池容量问题下的梯度利用方式尚存在需要处理的技术因素^[27],但系统是以光伏、风能与配网市电三端电源输入状态下的最大利润为目标,进而采用一种基本充放电能量测试挑选的方法满足系统需求。

本技术方案在储能系统管理中引入了成熟技术的独立 BESS 系统而不是常规储能充放粗犷监控,为使得储能电池的阶梯利用性能发挥到最优状态。而分支管理中的欠压计费中断控制程序,则主要基于直流母线欠压状态下禁止汽车充电机的快速充电计费模式自动关闭,从而提醒应用者了解系统故障而自觉终止操作。由于系统集成时采用的是超级电容器与电池的混合型储能单元,为避免高峰放电后储能系统再次接入配网市电时带来不必要的负荷冲击,进而选择了谷电时段的储能单元分组机械投切到能量补充状态,进一步完善集成系统的小冲击负荷性能。

2.2 双端变换器

目前多输入直流变换器基于设计目的不同电路结构拓朴有着各自的控制与特点,本项目借鉴脉冲电压源单元反激型半桥变换器的电路特点^[28],综合各电路的优缺点变化得到如图 6 所示不对称式双输入直流变换器。

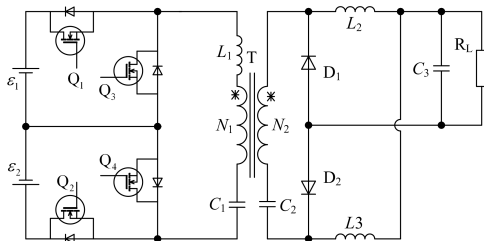


图 6 变换器拓朴结构

Fig. 6 Topology structure of converter

本转换器选用主从方式管理两路功率输入:先满足门槛的电压源最先进入第一电源输入启动控制模式,第二电压源在符合启动门槛后随之默认进入第二电源接入模式,主控管 Q_1 与 Q_2 端实现互补导通控制。电路优化处理时,因在类似的脉冲直流变换器串联组合中,反极性串联所需要的隔直电容较小且两电源有公共地而更具实际应用意义。同时,由于实际工作中肯定存在只有一路电源投入工作的运行状况,所以在电路中采用辅助控制开关管 Q_3 与 Q_4 ,实现零关断以简化电路结构提高能源输出。为匹配负载电压与偏磁方面考虑^[33-34],采用了带隔直电容的倍压整流电路结构。

3 结论

本文所述装置在 V2G 应用技术中是一种用户友好型系统装置。按照本项目下的技术理论并以工厂化量产为主要目的设计制作了工程样机方案。作为户外型储能充电桩站,由于减小了工况限制环境下对市电配电网的容量要求,为高速公路停车场、加油站点布置直流充电桩增加了预期可能性参考选型方案。从实际户外的布置测量和试验结果可知,在本系统方案下的风光发电与市电网络谷电补充充电储能的汽车直流充电桩的技术方案下,当系统使用 150 AH 电池组、汽车充电最大输出 650 V/120 A 的情况下,市电网络输入小于 32 A 即可满足理论快速充电后储能系统的能量补充要求。当然,对照工厂试验的情况可知,这个数据成立的前提是装置系统布置点的环境日均风速为 1.6~3.3 m/s、时间不少于 8 h、光照时间不小于 4 h 工况。同时,长期的市电供电被限制在 32 A 时,在大负载整体系统被接入时(电动汽车快速充电),储能系统的后续能量补充效果大大被削弱,电动汽车充电离开时间间隔被拉长。作为 V2G 应用技术的一部分,本文所述技术方案下的户外场所直流充电桩建设方案的优越性是非常显著且有意义的。特别地,基于应用技术而设计的风电与光伏的双回路最大效率输出应用,在各类中小功率的供电联合应用场合有着很好的借鉴意义与推广价值。

参考文献

- [1] 胡泽春,宋永华,徐智威,等.电动汽车接入电网的影响与利用[J].中国电机工程学报,2012,32(4):1-7.
HU Zechun, SONG Yonghua, XU Zhiwei, et al. Impacts and utilization of electric vehicles integration into power systems[J]. Proceedings of the CSEE, 2012, 32(4): 1-7.
- [2] 马玲玲,杨军,付聪,等.电动汽车充放电对电网影响研究综述[J].电力系统保护与控制,2013,41(3):140-148.
MA Lingling, YANG Jun, FU Cong, et al. Review on impact of electric car charging and discharging on power grid[J]. Power System Protection and Control, 2013, 41(3):140-148.
- [3] 钱斌.规模化电动汽车接入对电网运行及充电设施规划的影响研究[D].武汉:华中科技大学,2014.
QIAN Bin. Impact of large-scale electric vehicles on power grid and charging infrastructure planning[D]. Wuhan: Huazhong University of Science and Technology, 2014.
- [4] 张商州,刘宝盈,种马刚,等.储能式电动汽车充电桩系统的设计[J].电子产品世界,2016,23(4):42-45.

- ZHANG Shangzhou, LIU Baoying, ZHONG Magang, et al. Design of energy storage charging-pile of electric vehicle[J]. *Electronic Engineering & Product World*, 2016, 23(4): 42-45.
- [5] 卢锦玲, 杨月, 王阳, 等. 基于 Copula 理论的电动汽车光伏电站储能配置[J]. *太阳能学报*, 2016, 37(3): 780-786.
- LU Jinling, YANG Yue, WANG Yang, et al. Copula-based capacity configuration of energy storage system for a PV-assisted electric vehicles charging station[J]. *Acta Energetica Solaris Sinica*, 2016, 37(3): 780-786.
- [6] 湖北追日电气股份有限公司. 集装箱移动式光伏储能充电站: 中国, CN201210016322.6[P]. 2013-7-17.
- [7] 葛文捷, 黄梅, 张维戈. 电动汽车充电站经济运行分析[J]. *电工技术学报*, 2013, 28(2): 15-21.
- GE Wenjie, HUANG Mei, ZHANG Weige. Economic operation analysis of the electric vehicle charging station[J]. *Transactions of China Electrotechnical Society*, 2013, 28(2): 15-21.
- [8] 佟晶晶, 温俊强, 王丹, 等. 基于分时电价的电动汽车多目标优化充电策略[J]. *电力系统保护与控制*, 2016, 44(1): 17-23.
- TONG Jingjing, WEN Junqiang, WANG Dan, et al. Multi-objective optimization charging strategy for plug-in electric vehicles based on time-of-use price[J]. *Power System Protection and Control*, 2016, 44(1): 17-23.
- [9] 任玉珑, 史乐峰, 张谦, 等. 电动汽车充电站最优分布和规模研究[J]. *电力系统自动化*, 2011, 35(14): 53-57.
- REN Yulong, SHI Lefeng, ZHANG Qian, et al. Optimal distribution and scale of charging stations for electric vehicles[J]. *Automation of Electric Power Systems*, 2011, 35(14): 53-57.
- [10] WANG H, HUANG Q, ZHANG C, et al. A novel approach for the layout of electric vehicle charging station[C] // *International Conference on Apperceiving Computing and Intelligence Analysis*, 2010: 64-70.
- [11] IP A, FONG S, LIU E. Optimization for allocating BEV recharging stations in urban areas by using hierarchical clustering[C] // *International Conference on Advanced Information Management and Service*, IEEE, 2011: 460-465.
- [12] GE S, FENG L, LIU H. The planning of electric vehicle charging station based on grid partition method[C] // *International Conference on Electrical and Control Engineering*: IEEE, 2011: 2726-2730.
- [13] 吴万禄, 韦钢, 谢丽蓉, 等. 含分布式电源与充电站的配电网协调规划[J]. *电力系统保护与控制*, 2014, 42(15): 65-73.
- WU Wanlu, WEI Gang, XIE Lirong, et al. Coordinated planning of distribution network containing charging station and distributed generation[J]. *Power System Protection and Control*, 2014, 42(15): 65-73.
- [14] 陈卫, 杨波, 张兆云, 等. 计及电动汽车充电站接入的配电网承载能力评估与优化[J]. *电工技术学报*, 2014, 29(8): 27-35.
- CHEN Wei, YANG Bo, ZHANG Zhaoyun, et al. Distribution networks supportability evaluation and optimization considering electric vehicles charging stations[J]. *Transactions of China Electrotechnical Society*, 2014, 29(8): 27-35.
- [15] 张洪财, 胡泽春, 宋永华, 等. 考虑时空分布的电动汽车充电负荷预测方法[J]. *电力系统自动化*, 2014, 38(1): 13-20.
- ZHANG Hongcai, HU Zechun, SONG Yonghua, et al. A prediction method for electric vehicle charging load considering spatial and temporal distribution[J]. *Automation of Electric Power Systems*, 2014, 38(1): 13-20.
- [16] 郭青龙, 廉世军. 一种户外车位固定式安装小冲击负荷快速充电站系统, 中国: 201621084531.4[P]. 2017-04-19.
- [17] 成思琪, 刘俊勇, 向月, 等. 微网中混储/柴协调运行策略研究[J]. *电力系统保护与控制*, 2015, 43(7): 42-50.
- CHENG Siqi, LIU Junyong, XIANG Yue, et al. Research on optimal coordinated operation for microgrid with hybrid energy storage and diesel generator[J]. *Power System Protection and Control*, 2015, 43(7): 42-50.
- [18] 苏粟, 蒋小超, 王玮, 等. 计及电动汽车和光伏-储能的微网能量优化管理[J]. *电力系统自动化*, 2015, 39(9): 164-171.
- SU Su, JIANG Xiaochao, WANG Wei, et al. Optimal energy management for microgrids considering electric vehicles and photovoltaic-energy storage[J]. *Automation of Electric Power Systems*, 2015, 39(9): 164-171.
- [19] 陈中, 胡吕龙, 丁楠, 等. 基于改进熵的风光储互补并网系统优化运行[J]. *电力系统保护与控制*, 2013, 41(21): 86-91.
- CHEN Zhong, HU Lulong, DING Nan, et al. Optimized operation of wind-solar-battery hybrid power system based on improved entropy[J]. *Power System Protection and Control*, 2013, 41(21): 86-91.
- [20] 张学, 裴玮, 邓卫, 等. 多源/多负荷直流微电网的能量管理和协调控制方法[J]. *中国电机工程学报*, 2014, 34(31): 5553-5562.
- ZHANG Xue, PEI Wei, DENG Wei, et al. Energy management and coordinated control method for multi-source/multi-load DC microgrid[J]. *Proceedings of the*

- CSEE, 2014, 34(31): 5553-5562.
- [21] 周念成, 蒲松林, 王强钢, 等. 电动汽车快速充电站的储能缓冲系统控制策略[J]. 电力系统保护与控制, 2013, 41(17): 127-134.
ZHOU Niancheng, PU Songlin, WANG Qianggang, et al. Control strategy of energy storage buffer system for fast charging electric vehicle station[J]. Power System Protection and Control, 2013, 41(17): 127-134.
- [22] 王承民, 孙伟卿, 衣涛, 等. 智能电网中储能技术应用规划及其效益评估方法综述[J]. 中国电机工程学报, 2013, 33(7): 33-41.
WANG Chengmin, SUN Weiqing, YI Tao, et al. Review on energy storage application planning and benefit evaluation methods in smart grid[J]. Proceedings of the CSEE, 2013, 33(7): 33-41.
- [23] 王小蕾. 电动汽车与电池储能的优化管理及效益分析[D]. 杭州: 浙江大学, 2016.
WANG xiaoei. Optimization management and benefit analysis of electric vehicles and battery energy storage system[D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2016.
- [24] 周天沛, 孙伟. 风光互补发电系统混合储能单元的容量优化设计[J]. 太阳能学报, 2015, 36(3): 756-762.
ZHOU Tianpei, SUN Wei. Capacity optimization of hybrid energy storage units in wind/solar generation system[J]. Acta Energiæ Solaris Sinica, 2015, 36(3): 756-762.
- [25] 胡宇航, 皮一晨, 崔静安, 等. 电动汽车充电站负荷建模研究[J]. 电力系统保护与控制, 2017, 45(8): 107-112.
HU Yuhang, PI Yichen, CUI Jingan, et al. Research on electric vehicle charging station modeling[J]. Power System Protection and Control, 2017, 45(8): 107-112.
- [26] 刘念, 唐霄, 段帅, 等. 考虑动力电池梯次利用的光伏换电站容量优化配置方法[J]. 中国电机工程学报, 2013, 33(4): 34-44.
LIU Nian, TANG Xiao, DUAN Shuai, et al. Capacity optimization method for PV-based battery swapping stations considering second-use of electric vehicle batteries[J]. Proceedings of the CSEE, 2013, 33(4): 34-44.
- [27] 张兴进, 沈锦飞, 曹沛. 风光互补双输入 DC/DC 变换器研究[J]. 电力电子技术, 2011, 45(8): 73-74.
ZHANG Xingjin, SHEN Jinfei, CAO Pei. Double-input DC/DC converter of wind/PV hybrid[J]. Power Electronics, 2011, 45(8): 73-74.
- [28] 张杰. 新型双输入反激 DC/DC 变换器的研究[D]. 南京: 南京航空航天大学, 2010.
ZHANG Jie. Research on new double-input DC/DC flyback converter[D]. Nanjing: Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, 2010.
- [29] 杨才俊, 潘庭龙, 纪志成. 风光互补系统双端口输入 DC/DC 变换器[J]. 江南大学学报(自然科学版), 2014, 13(2): 143-147.
YANG Caijun, PAN Tinglong, JI Zhicheng. Research on two-port input DC/DC converter applied to wind/PV hybrid system[J]. Journal of Jiangnan University (Natural Science Edition), 2014, 13(2): 143-147.
- [30] 刘统凯. 分布式光伏电站充电桩设计[D]. 齐齐哈尔: 齐齐哈尔大学, 2015.
LIU Tongkai. The design of charging pile with distributed photovoltaic power station[D]. Qiqihar: Qiqihar University, 2015.
- [31] 杨忠亮, 左新宇. 光伏储能电动汽车充电站监控系统的设计[J]. 电器与能效管理技术, 2012(16): 18-20.
YANG Zhongliang, ZUO Xinyu. Design of photovoltaic and storage electric vehicle charging station monitoring system[J]. Electrical & Energy Management Technology, 2012(16): 18-20.
- [32] 陈征. 电动汽车光伏充换电站集成系统的优化方法研究[D]. 北京: 华北电力大学, 2014.
CHEN Zheng. Research on optimization method for integrated system of PV-based EV battery swapping and charging station[D]. Beijing: North China Electric Power University, 2014.
- [33] 阮新波. 脉宽调制 DC / DC 全桥变换器的软开关技术[M]. 2 版. 北京: 科学出版社, 2013.
- [34] 吕健. 不对称半桥变换器偏磁问题的研究[D]. 秦皇岛: 燕山大学, 2012.
LÜ Jian. Research on transformer magnetic bias of asymmetrical half bridge[D]. Qinhuangdao: Yanshan University, 2013.

收稿日期: 2017-09-11

作者简介:

郭青龙(1975—), 男, 本科, 高级工程师, 从事直流电源与智能电器的研制工作。E-mail: 13326669315@163.com