

DOI:10.3969/j.issn.1674-1951.2019.11.018

光储充综合能源系统设计及优化

Design and optimization of solar energy storage and
charging in integrated energy systems

李艳红,王兴兴

LI Yanhong, WANG Xingxing

(中国华电科工集团有限公司,北京 100160)

(China Huadian Engineering Company Limited, Beijing 100160, China)

摘要:随着新一轮科技革命和产业变革加速推进,综合能源服务必将成为能源未来发展的趋势。随着新能源汽车销量的逐年增长,充电桩的需求量不断扩张。以丰台区某光储充综合能源系统为研究对象,分析了光伏发电、储能、快/慢充电桩和能量管理系统的优化设计,通过计算光伏逐时发电量以及储能和充电桩的需求电量,综合考虑电价,调整能量管理策略,从而实现了经济利益最大化。为未来的光储充综合能源系统的设计优化提供了技术参考。

关键词:综合能源系统;光伏;储能;充电桩;综合能源服务

中图分类号:TM 615 **文献标志码:**A **文章编号:**1674-1951(2019)11-0076-04

Abstract: With the technological revolution and industry transformation, integrated energy service will be the trend of energy industry. With the growth of electric vehicles annual sales, the demand for charging piles is increasing. Taking a integrated energy system in Fengtai District as the research object, the optimal designs for photovoltaic power generation, energy storage, fast/slow charging piles and energy management system were analyzed. Based on the energy generated by photovoltaic system hourly, energy demanded by energy storage and charging piles, and energy prices, the energy management strategy was adjusted and the economic profits was maximized, which provides reference for solar energy storage and charging in integrated energy systems.

Keywords: integrated energy system; photovoltaic system; energy storage; charging pile; integrated energy service

0 引言

能源关乎人类文明和可持续发展,是国民经济和社会发展的重要物质基础。

2014年6月13日,“四个革命、一个合作”能源安全新战略形成,为我国能源发展指明了方向。当前我国正在深入推进该能源安全新战略,努力构建“清洁低碳、安全高效”的现代能源体系。随着新一轮科技革命和产业变革加速推进,多能源协同供应、“源网荷储友好互动”为一体的综合能源服务必将成为能源未来发展的趋势^[1]。

本文以北京市丰台区的光储充综合能源系统为研究对象,从实际工作出发,分析光伏发电、储能、充电桩、能量管理系统的优化设计,为将来的光储充综合能源系统优化设计提供参考。

1 项目地概况

1.1 光资源及光伏电价

根据 Metronorm 软件 1991—2010 年的平均数据(如图 1 所示)可知,北京市丰台区月太阳总辐射量呈现单峰变化形式,1—5 月的平均日太阳总辐射量逐渐增大,5 月达到全年最大值,为 615.60 MJ/m²;5—12 月的平均日太阳总辐射量逐渐减小,12 月达到全年最小值,为 208.80 MJ/m²;全年太阳总辐射量为 4924.80 MJ/m²。总的来说,3—9 月的平均日太阳总辐射量较大,高于全年平均值;10 月至次年的 2 月平均日太阳总辐射量较小,低于全年平均值。

纳入 2019 年财政补贴规模,采用“自发自用、余量上网”模式的工商业分布式(即除户用分布式以外)光伏发电项目,全发电量补贴标准调整为 0.10 元/(kW·h)^[2]。

对于 2015 年 1 月 1 日至 2019 年 12 月 31 日并

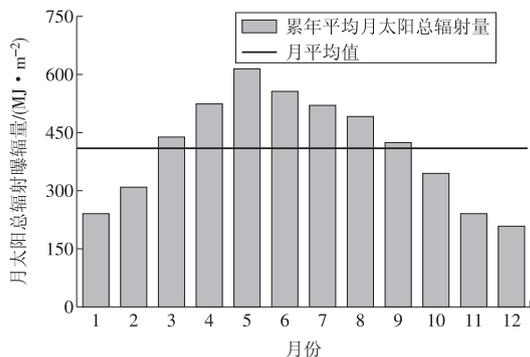


图 1 丰台区逐月总辐射量

Fig. 1 Monthly radiation of Fengtai District

网发电的北京市分布式光伏发电项目,市级财政按项目实际发电量给予奖励,奖励标准为 0.3 元/(kW·h)(含税),每个项目的奖励期限为 5 年,奖励对象为分布式发电企业或自然人^[3]。

2017 年 7 月 1 日起,北京市燃煤发电企业含脱硫、脱硝、除尘电价的标杆上网电价调整为 0.3598 元/(kW·h)(含税)^[4]。

根据以上政策,前 5 年的光伏发电上网电价为 0.7598 元/(kW·h),后 15 年的光伏发电上网电价为 0.4598 元/(kW·h)。

1.2 屋面资源

根据建设单位提供的厂内建筑楼房统计表和现场踏勘结果分析,可利用 7 个建筑屋面,各建筑屋顶面积总和约为 6386 m²。

1.3 充电桩需求及市场调研

根据建设单位需求,需要安装充电桩 7 台。

根据《关于电动汽车用电价格政策有关问题的通知》(发改价格[2014]1668),对向电网经营企业直接报装接电的经营性集中式充换电设施用电,执行大工业用电价格。另外,调研丰台区某经营性集中式充电桩站的用电价格见表 1。

光伏所发电量用于充电桩,在充电桩售电价格的基础上可以附加国家和北京市的补贴电价,所以比光伏直接上网的电价高。

2 综合能源系统的系统设计及优化

该系统利用厂区内部分建筑物屋顶新建分布式光伏电站,并新建电动汽车充电站和电池储能系统及能量管理系统。

2.1 光伏设计

2.1.1 组件选型

综合考虑组件效率、技术成熟性、市场占有率、度电成本,以及采购订货时的可选择余地,本设计推荐选用多晶硅光伏组件,规格为 280 W_p。

2.1.2 支架选型

鉴于光伏安装于屋顶上,采用固定安装方式。

采用 PV_{sys} 软件计算最佳倾角为 32°,综合考虑建筑物屋顶情况、装机容量、自清洁等因素,设计倾角为 15°,正南向布置,此倾斜面年均辐射量为 5303.84 MJ/m²。

2.1.3 逆变器选型

该系统系统容量较小且光伏组件布置分散,若是逆变器容量过大,逆变器得不到充分利用,造成容量浪费,该系统选用单台容量为 15,60 kW,输出电压为 230,400 V 的组串式逆变器,适应屋顶布置。

2.1.4 组串设计

根据《光伏电站设计规范》(GB 50797—2012)^[5]计算得知,该项目位置组件串联数≤22 块,综合考虑屋顶情况,采用 21 块或 22 块组件组成一个组串。

2.1.5 接线并网方案设计

光伏系统接线方式为“就地逆变,集中汇流,多点并网”。光伏组件经光伏专用电缆接入组串式逆变器,组串式逆变器将电流逆变为交流电,然后并入交流汇流箱,汇流后并入并网点。光伏组件至组串式逆变器间电缆选用 PV1-F-1×4 mm² 型光伏专用电缆,组串式逆变器至交流汇流箱以及至并网点电缆选用 ZRC-YJY23-1 kV,根据电缆长度经电缆压降校验后,选择合适的电缆截面。

暂拟光伏并网点为一处,为备用电源系统 0.4 kV 母线段。光伏并网点接入的光伏容量为 481.32

表 1 丰台区某充电桩站用电价格

Tab. 1 Electricity price of a charging pile in Fengtai District

时间	电费/[元·(kW·h) ⁻¹]	服务费/[元·(kW·h) ⁻¹]	总计/[元·(kW·h) ⁻¹]
23:00:00—07:00:00(次日)	0.3946	0.6	1.0
07:00:00—10:00:00	0.6950	0.8	1.5
10:00:00—15:00:00	1.0044	0.8	1.8
15:00:00—18:00:00	0.6950	0.8	1.5
18:00:00—21:00:00	1.0044	0.8	1.8
21:00:00—23:00:00	0.6950	0.8	1.5

kWp, 相对应的变压器为容量 1 200 kV · A 的备用电系统干式变压器。

2.2 充电桩设计

根据业主需求以及光伏装机容量和发电量,该系统安装充电桩 7 台,其中包含 1 台 45 kW 一体式直流快速充电桩,6 台 7 kW 落地式交流普通充电桩,总安装容量为 87 kW。充电桩具有测量、控制与保护的功能,如运行状态监测、故障状态监测、充电计量与计费、充电过程中的联动控制。

充电站通道尺寸应符合相关规范要求^[6]。充电站按照功能可划分为 3 个区域:充电车位区、充电设备区和配电设备区。充电桩布置于两车位中间。

2.3 储能设计

目前在新能源发电系统中配置的储能电池主要有铅炭电池、锂离子电池、全钒液流电池等。锂离子电池具有能量密度大、自放电小、没有记忆效应、工作温度范围宽、可快速充放电、使用寿命长、没有环境污染等优点。锂电储能成本显著高于铅炭,但由于具备高能量密度和高倍率充放电能力的优势,在部分应用场合中,如需要高倍率充放电的“秒级/分钟级调频服务”、或是对设备占地面积较敏感的商业/居民储能市场,仍具有不可替代的优势。

考虑到蓄电池的利用效率、可靠性以及系统的示范效益和经济效益,考虑光伏装机容量和发电量以及充电桩数量,系统配置一组 100 kW × 2 h 锂离子电池储能装置、配套的储能逆变器以及电池能量管理系统,放置于地下室一层室内。

为实现信号高精度的采集,实现单体电压、温度、电池组端电压、电流等的采集,实现电池组的均衡管理、均衡策略,电池容量和健康诊断(SOC/SOH)计算;需配置电池管理系统(BMS)1套。

3 用能测算

根据本项目所在地区的光资源数据以及多晶组件的衰减参数,第 1 年衰减 2.5%,之后每年衰减 0.7%,计算得到第 1 年和第 20 年的逐时发电量如图 2 和图 3 所示。

光伏并网点处光伏系统发的电能无法被充电桩完全消纳,也无法被储能装置完全消纳,因此有一部分电能将通过原有变压器升压,反送至电网。

4 能量管理系统策略设计

该综合能源系统将屋顶分布式光伏、电动汽车充电桩、储能电池一体化,通过 1 200 kV · A, 10 kV/380 V 变压器与 10 kV 市电连接。拓扑图如图 4 所示,电气主接线设计如图 5 所示。

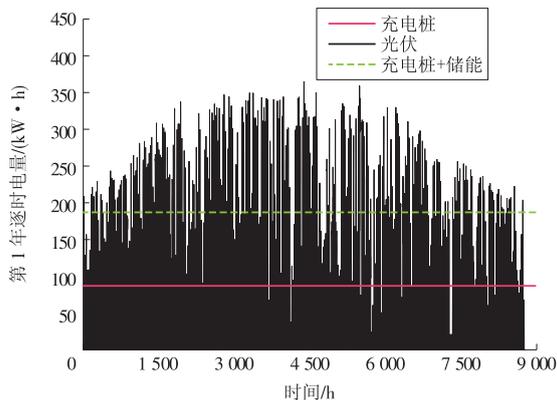


图 2 第 1 年的逐时电量

Fig. 2 Hourly power generation of the first year

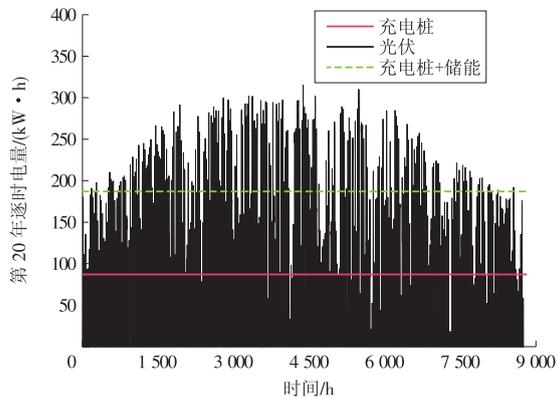


图 3 第 20 年的逐时电量

Fig. 3 Hourly power generation of the 20th year

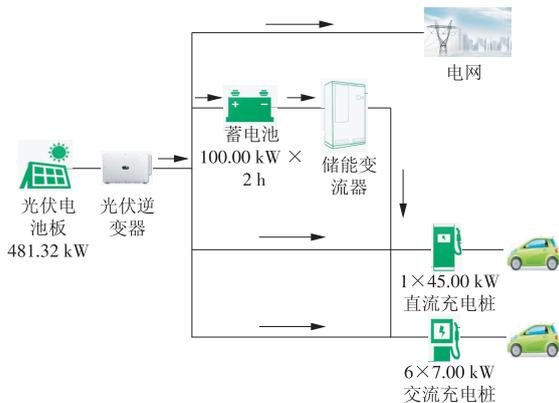


图 4 综合能源系统拓扑图

Fig. 4 Topological graph of the integrated energy system

该设计通过能量管理系统,对能量进行调度,利用充电桩、储能蓄电池消纳光伏系统发出的电能,实现经济利益最大化。

根据光伏上网电价和充电桩用电价的分析,该设计确定能量管理系统策略为:在充电桩负荷不足以消纳光伏发电系统的发电功率时,向储能装置充电。若储能系统充满电,则将光伏发电系统剩余发电上网。若光伏系统发电功率不足以支持充电桩系统用电,则优先由储能系统供电,其次可用电网电。充电桩按照每天 08:00—18:00 10 h 满发模拟,冬季

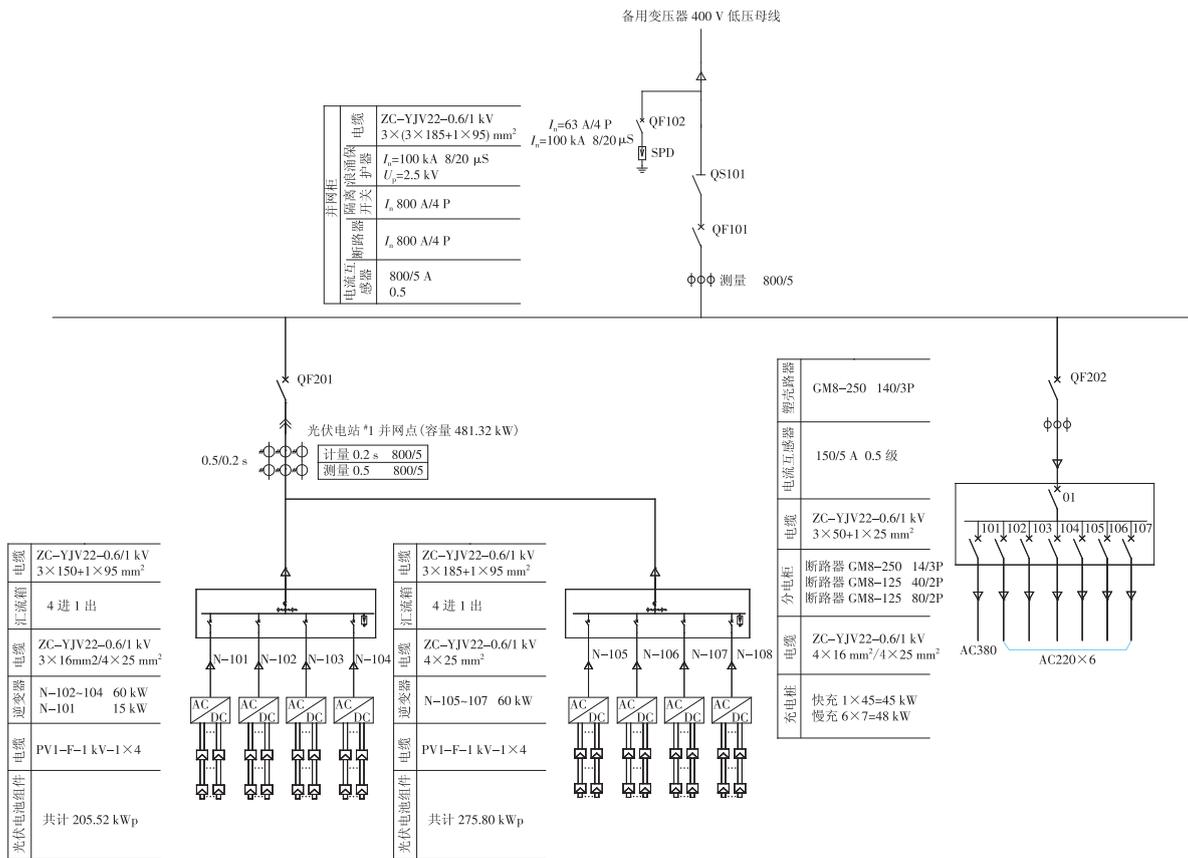


图 5 综合能源系统主接线图

Fig. 5 Main wiring graph of the integrated energy system

部分时段需用电网电量,经过计算,首年系统缺电率 3.48%。

5 结束语

根据北京市地方政策,各级党政机关、企事业单位等应结合本单位电动汽车配备更新计划以及职工购买使用电动汽车需求,充分挖潜内部停车场资源,自主投资或联合充电设施建设运营企业投资,建设充电设施。鼓励单位内部充电设施对外开放服务。

本设计利用已有建筑屋顶建设光伏发电,不单独占用土地资源,并同步建设充电桩及储能装置,根据光伏发电量和储能/充电桩的需求电量,调整能量管理策略,实现经济利益最大化,顺应国家和地区能源产业政策,具有很好的社会效益和示范效应,为将来的光储充综合能源系统设计提供了技术参考。

参考文献:

[1] 尹志民. 新形势下综合能源服务的认识与思考[J]. 广西电业, 2019(2):44-47.
 [2] 中华人民共和国国家发展和改革委员会. 关于完善光伏发电上网电价机制有关问题的通知[EB/OL]. (2019-

04-30)[2019-11-01]. http://www.gov.cn/xinwen/2019-04/30/content_5387917.htm.
 [3] 北京市财政局,北京市发展和改革委员会. 北京市分布式光伏发电奖励资金管理暂行办法[EB/OL]. (2015-08-18)[2019-11-01]. http://www.beijing.gov.cn/zfxgk/110011/czxf22/2015-08/26/content_360a2911a3b3400da03c0fa60585ff1a.shtml.
 [4] 北京市发展和改革委员会. 关于合理调整电价结构有关事项的通知[EB/OL]. (2017-07-17)[2019-11-01]. <http://fgw.beijing.gov.cn/zwxx/zcfj/xewj/zewj/qtwj/201707/t11160162.htm>.
 [5] 光伏电站设计规范:GB 50797—2012[S].
 [6] 北京市人民政府办公厅. 关于进一步加强电动汽车充电基础设施建设和管理的实施意见[EB/OL]. (2017-08-20)[2019-11-01]. http://www.beijing.gov.cn/zhengce/zhengcefagui/201905/t20190522_60384.html.

(本文责编:齐琳)

作者简介:

李艳红(1979—),女,浙江舟山人,高级工程师,博士,从事光伏、储能系统设计方面的工作(E-mail: liyanhong@chec.com.cn)