

电动汽车和光伏接入用户负荷对电网影响与互动分析

电动汽车、光伏接入用户负荷在一定程度上会对电网产生影响,如改变负荷特性、增大电网峰谷差和对电网运行检修带来反送电威胁。住宅相互供电系统(Vehicle to Home, V2H)技术的应用能够使电动汽车与电网进行互动,合理控制用户充电时间,必要时对电网进行反送电,能够减弱上述影响。为了积极应对电动汽车和分布式光伏接入应用对电网带来的影响,以实际家庭用户为研究对象,采集并分析家庭用电及台区负荷数据,定量分析电动汽车、光伏接入对电网的影响,同时结合峰谷电价,提出了互动应用方案。测算与互动分析结果表明,执行电动汽车充电峰谷电价与分布式电源上网电价,有序引导用户合理使用新型电源,在给用户带来经济效益的同时,能够降低电动汽车无序充电带来的峰上加峰的风险,减小峰谷差率,保证电网安全稳定运行。

宫 成 迟忠君 张宝群 焦 然 马龙飞 时 锐/国网北京市电力公司
电力科学研究院

0 引言

受全球能源短缺、环境污染及气候变化严重的影响,节能减排的压力越来越大,而电动汽车作为一种新能源交通工具,具有噪声低、能源利用效率高和无移动源废气排放等特点,势必成为我国重点支持的战略性新兴产业之一。当前,探索和建立满足社会多样化需求的电动汽车充换电设施经营模式成为世界各国发展电动汽车需要共同面对的重要课题。

随着国家加快发展节能环保产业,鼓励分布式光伏接入电网,要求电网企业全额收购光伏发电量。而在欧洲,政府则采用建设阶段补贴政策鼓励光伏产业发展。未来分布式光伏电源将普遍进入家庭,成为电网中的重要组成部分。

随着分布式光伏发电用户的增多,除了会对电网运行管理和安全防护提出更高要求外,也会改变家庭用电特性,进而改变电网负荷特性,并对电网公司的传统营销模式提出新的要求。

电动汽车与光伏用户逐年增多,电动汽车、光伏接入家庭用户负荷对电网影响研究成为新的课题。制定合理的政策与电价机制,有序引导光伏、储能与电动汽车负荷的接入,能够改善新型负荷对电网的影响。日本、美国等国家目前已经开始了V2H的实际应用,利用峰谷电价,通过错峰用电减少用户电费支出,引导其合理用电。

为了积极应对电动汽车和分布式光伏接入应用对电网负荷特性及峰谷电量影响,本文以实际家庭用户为研究对象,开发并部署一套数据采集系统采集家庭用电及台区负荷数据,通过实测数据分析,研究电动汽车、光伏接入用户负荷对电网负荷特性的影响,并结合电价机制,提出电动汽车、光伏互动应用方案。

1 研究对象

以北京市昌平区某别墅用户作为研究对象,该用户安装有装机容量为6.325 kW的光伏发电系统及19.2 kW·h的储能系统,能够与电网并网,主要用于家庭日常生活用电。该用户主要的用电设备有电采暖、空调器、冰箱、电视机、洗衣机、跑步机及照明灯具等,同时拥有燃油车和一辆北汽绅宝纯电动汽车作为出



宫 成/工程师

关键词/Keywords

电动汽车·
光伏·
负荷特性·
互动分析·

行的主要交通工具。部署的数据采集接线如图1所示。装置现场图如图2所示。

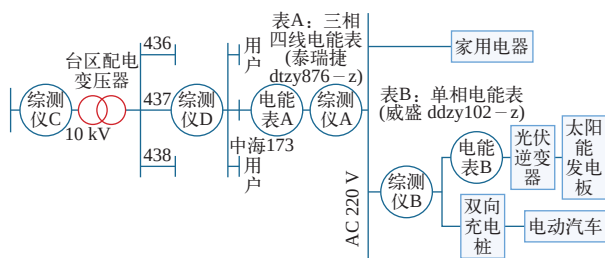


图1 数据采集装置接线



图2 数据采集现场图

综测仪A和电能表A采集结算关口的网购电量、上网电量及用电负荷等，综测仪B采集光伏发电电量、功率、电动汽车充放电电量和负荷等，电能表B采集光伏发电量，综测仪C和D分别采集台区配电变压器低压侧及高压侧电能数据。综测仪A、B通过3G模块将数据实时上传到服务器中。

光伏储能系统整体接线图如图3所示。通过一个光伏储能控制单元实现对光伏和储能系统的整体控制，控制器运行在“自发自用，余电上网”模式。

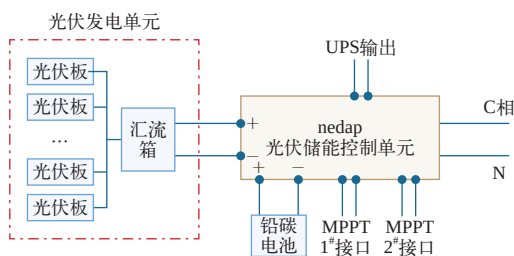


图3 光伏和储能系统示意图

北汽绅宝纯电动汽车配置23 kW·h的磷酸铁锂电池，续航里程130 km，最高车速可达到120 km/h。

2 测试结果分析

对于一个家庭用户，光伏、储能及电动汽车接入对10 kV电网的主要影响表现在两个方面：①

改变用户侧负荷特性；②影响电网电能质量。

本文对用户2014年1~8月期间采集到的数据进行分析，分离出试点用户上级10 kV台区日平均负荷、节假日日平均负荷、工作日平均负荷、光伏应用后日平均负荷、加装储能装置光伏应用后日平均负荷以及电动汽车充电负荷接入后台区负荷等信息，进而研究光伏、储能应用以及电动汽车接入对10 kV电网的影响。

2.1 光伏储能应用对电网负荷特性的影响

未加装储能装置的光伏发电负荷叠加后对原始台区负荷的影响曲线如图4所示。

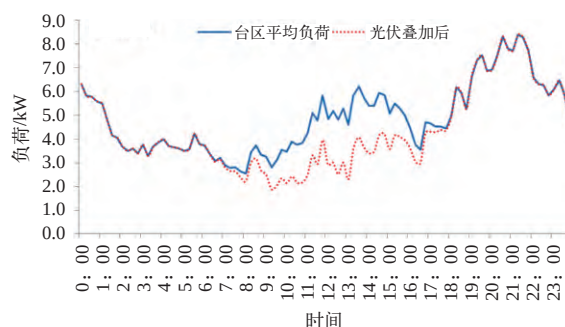


图4 未加装储能的光伏发电对台区负荷的影响曲线

带有储能装置的光伏发电负荷叠加后对原始台区负荷的影响曲线如图5所示。

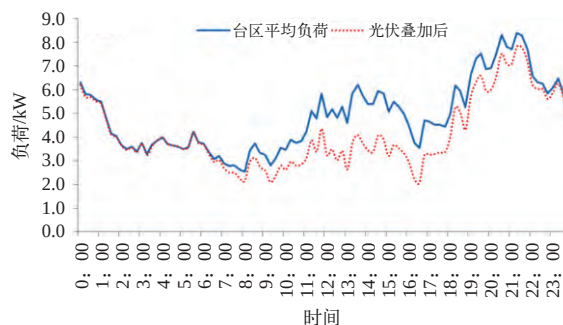


图5 带储能装置的光伏发电对台区负荷的影响曲线

从图4、图5负荷曲线对比可以看出：光伏发电对台区负荷峰谷时段影响较大，峰时段长明显减少，谷时段完全偏移，电网峰谷差加大；加入储能装置后，对晚上峰段负荷影响较大，峰谷差较之前（未接入储能）有所减少。

2.2 电动汽车负荷对电网负荷特性影响

电动汽车充电负荷对10 kV台区电网负荷的影

响主要表现在充电时间段、充电负荷大小以及台区下级电动汽车数量三方面。通过分析发现,该试点用户工作日与节假日行驶规律与充电规律分别表现出较强的一致性,具体表现如图6所示。工作日充电主要集中在17:00~23:00,节假日充电集中在10:00~13:00。

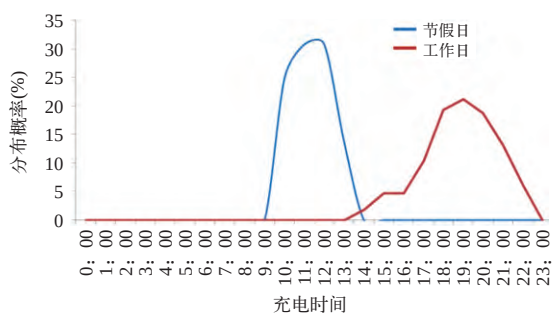


图6 用户充电时间分布概率曲线

因此,分工作日与节假日两种情况,分别研究电动汽车充电负荷后10 kV低压台区日负荷曲线变化,具体如图7、图8所示。



图7 工作日叠加电动汽车充电负荷台区负荷曲线

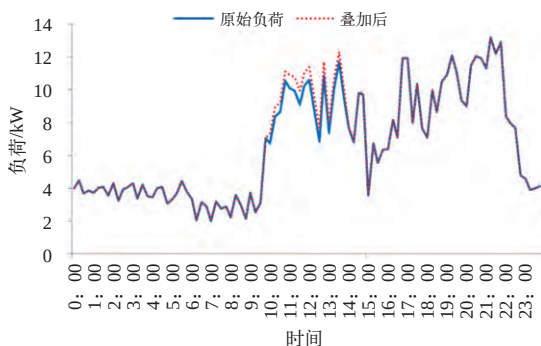


图8 节假日叠加电动汽车充电负荷台区负荷曲线

通过分析可以得出:电动汽车用户工作日和节假日充电行为不同,并分别表现出一致性,工作日充电行为将进一步加大10 kV电网台区负荷峰谷差,而节假日影响较小。

2.3 对电网负荷特性的综合影响分析

在上述影响分析基础上,分别研究未装储能装置的光伏与电动汽车负荷综合作用以及带储能装置的光伏和电动汽车负荷综合作用对电网的影响。

(1) 工作日

工作日未装储能装置的光伏与电动汽车负荷综合作用影响如图9所示。加装储能装置的影响如图10所示。



图9 工作日综合作用影响曲线（未加储能）

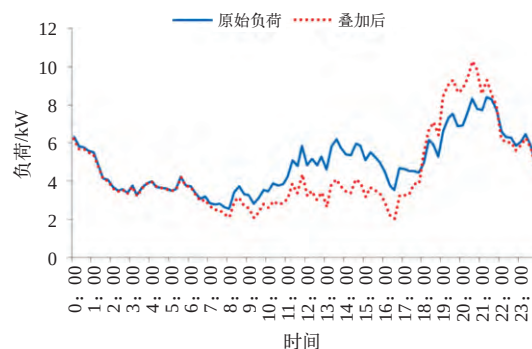


图10 工作日综合作用影响曲线（加装储能）

对比分析光伏发电和电动汽车充电负荷综合作用曲线,可以得出如下结论:

- 1) 工作日对电网台区峰段负荷影响较大。
- 2) 白天峰段负荷受光伏发电影响得到平抑,最大可平抑50%。
- 3) 晚上因电动汽车充电峰段负荷将增大,峰段负荷最大增加41%。
- 4) 台区峰谷差率进一步增大,峰谷差率为77.5%,增加了5.1%。
- 5) 储能装置应用后在一定程度上可减弱上述影响,晚上峰段及峰谷差率均有改善。

(2) 节假日

节假日未装储能装置的光伏与电动汽车负荷

综合作用影响如图11所示。加装储能装置的影响如图12所示。

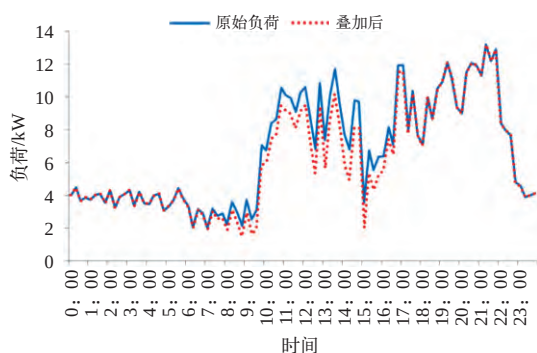


图11 节假日综合作用影响曲线（未加储能）

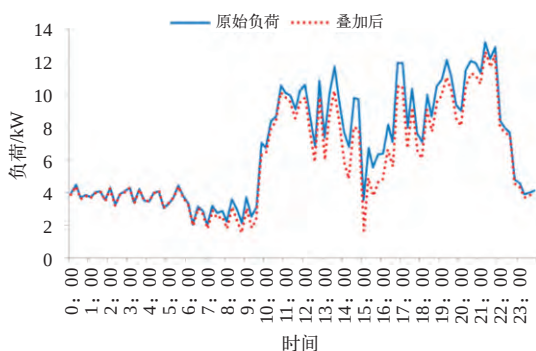


图12 综合作用影响曲线（加装储能）

由图11和图12可知，节假日综合作用影响不明显，因充电负荷出现在中午峰段期间，利用光伏发电为电动汽车充电，避免了中午时段出现峰上加峰的风险；晚上因为储能装置的应用，在一定程度上削弱了晚上峰段负荷。因此加装储能装置的光伏应用效果更佳。

3 互动测算分析

根据2014年7月30日国家发改委下发的《关于电动汽车用电价格政策有关问题的通知》，确定将对电动汽车充换电设施用电执行峰谷分时电价政策。该试点用户的用电性质属于居民用电，并未按照峰谷电价执行。若未来结合用户用电特性，对新能源家庭用户放开峰谷电价，不仅能够促进新能源光伏、汽车的发展，对用户而言还能产生一定的经济效益，引导其合理用电，使新能源能够更好地与电网互动。

假设该用户执行峰谷电价后，峰段电价为1.322 2元/kW·h，谷段电价为0.381 8元/kW·h，平

段电价为0.839 5元/kW·h（参考北京市商业用电峰谷分时电价标准），居民峰时段上网电价为1元/kW·h（按国家发改委对光伏电站分区域的标杆上网电价政策，北京地区上网电价为1元）。据前期统计，市场上纯电动汽车百公里电耗平均为20 kW·h，日均行驶33 km（参照燃油车统计数据），用户在全部分时段充电的电费测算如下表所示。

表 分时电价充电电费测算

充电时段	平段	峰段	谷段
时间	7: 00~10: 00 15: 00~18: 00 21: 00~23: 00	10: 00~15: 00 18: 00~21: 00	23: 00~7: 00
电价/(元/kW·h)	0.839 5	1.322 2	0.381 8
年电量/kW·h		2 316	
电费/元	2 175	3 062	884

根据用户电动汽车充电行为分析，该用户充电时段62%处在峰段，35%处在平段，3%处在谷段，折算下来，一年的充电电费为2 686元。假设电动汽车用户全部在谷段充电，只需884元，一年节省电费1 802元。

若采用预约充电功能，全部利用谷段充电，工作日新型电源负荷综合作用影响曲线（加装储能）如图13所示。

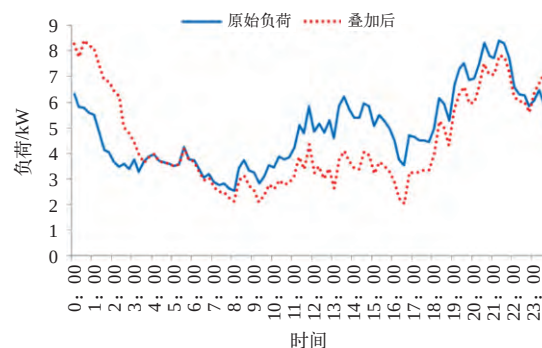


图13 考虑峰谷综合作用影响曲线（加装储能）

从图9与图13对比可以看出，考虑电网峰谷时段，有序引导电动汽车充电负荷后，由于储能装置的应用，晚上峰段得以削弱，该用户台区峰段时间延后，避免了峰上加峰现象的出现。

4 结束语

本文通过对实际用户实测数据分析研究，得

到了新型电源用户的规律,具体表现如下:

1) 光伏发电对台区负荷峰谷时段影响较大,峰段时长明显减少,谷时段完全偏移,电网峰谷差加大;加入储能装置后,对晚上峰段负荷影响较大,峰谷差较之前(未接入储能)有所减少。

2) 电动汽车用户工作日和节假日充电行为不同,并分别表现出一致性,工作日充电行为将进一步加大10 kV电网台区负荷峰谷差,而节假日影响较小。

3) 光伏发电和电动汽车充电与家庭用电互动时,工作日对10 kV电网台区峰段负荷影响较大,白天峰段负荷受光伏发电影响得到平抑,晚上因电动汽车充电峰段负荷将增大。

4) 执行电动汽车充电峰谷电价与分布式电源上网电价,有序引导用户合理使用新型电源,在给用户带来经济效益的同时,能够降低电动汽车充电带来的峰上加峰的风险、减小峰谷差率,保证电网安全稳定运行。

参考文献

[1] Gareth Haines, Andrew McGordon, Paul

Jennings. The simulation of vehicle-to-home system-using electric vehicle battery storage to smooth domestic electricity demand [J]. EV-ER MONACO Ecological Vehicles&Renewable Energies, 2009, 31 (8): 24-26.

[2] Clement-Nyns K, Haesen E, Driesen J. The impact of charging plug-in hybrid electric vehicles on a residential distribution grid [J]. IEEE Transactions on Power Systems, 2010, 25 (1): 371-380.

[3] 赵俊华,文福拴,薛禹胜,等.计及电动汽车和风电出力不确定性的随机经济调度[J].电力系统自动化,2010,34(20):22-29.

[4] 滕乐天,何维国,杜成刚,等.电动汽车能源供给模式及其对电网运营的影响[J].华东电力,2009,37(10):1675-1677.

[5] 胡泽春,宋永华,徐智威.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):1-10.

[6] 李婉璐.电动汽车V2H能源管理与优化系统[J].黑龙江电力,2012(1):456-460.

(收稿日期:2015-02-20) EA

信息动态

伊顿“创新之旅”技术日展示新能源车电气保护解决方案

全球领先的动力管理公司伊顿2016“创新之旅”技术日巡展开启西安站活动,继续聚焦技术创新和绿色发展,并重点展示了伊顿在新能源汽车等领域的创新电气保护解决方案。伊顿中国区总裁周涛表示:“在利用动力管理技术解决全球最为棘手的电气、机械和流体动力难题方面,伊顿有着丰富的经验。希望通过本土合作及更本土化的技术创新,为客户提供安全、可靠和高效的产品及解决方案,应对能源和环境挑战,推动商业和社会的可持续发展。”

推进新能源汽车的普及是减少能源消耗和环境污染的重要途径。20多年来,伊顿一直在为商用车开发创新的电动和混合动力系统,并为商业、住宅应用提供充电及网络充电管理基础设施,同时不断将创新的电气技术应用在

电动汽车上。新能源汽车及相关通信设备的快速发展对相关配套电力及电气保护产品的安全性、可靠性及高效性提出了更高的要求。作为伊顿旗下线路保护的先驱者和领军者,伊顿Bussmann系列熔断器产品在此次技术日活动上做了重点展示。伊顿Bussmann系列熔断器是全球和中国市场电路保护领域的领导者。针对新能源车辆应用的特殊性,与全球两大汽车标准组织共同建立了针对新能源车驾驶习惯、寿命循环和热分析数据收集与分析的试验室,并开发了全新的电动汽车系统应用产品。该产品不仅能够有效保障车载线路的安全运行,其物理尺寸还比同规格的产品缩减了48%。其抗冲击能力为业内最强,且在启动保护时的速度也为业内最快,从而大幅提升电动车辆运行与操作的安全性,最大限度降低运营成本。