

百科探索

电动汽车充放电对电力系统的影响综述

杜婷 高琳 赵宇 仲宇璐

(国网智慧车联网技术有限公司安全监察质量部 100052)

摘要: 电动汽车因其无污染、低成本的优点成为汽车行业和能源行业的研究热点。电动汽车作为一种新型的移动储能设备, 可以在电网中作为一个储能单元。随着电动汽车的大规模普及, 电动汽车充放电负荷对电网的影响越来越大, 甚至可能导致电网负荷峰谷差和电压波动, 影响用户用电体验。因此, 有必要对电动汽车充放电对电力系统影响进行深入分析, 并提出相应的对策。

关键词: 电动汽车; 充放电; 电力系统

引言: 电动汽车充放电的特性对于电网运行和电网安全具有重要影响。由于电动汽车的特殊性, 其充放电对电力系统产生的影响较大, 如何在电力系统运行过程中考虑电动汽车的充放电特性, 从而提高电力系统运行效率已经成为当前的研究热点。

1 电动汽车的充换电模式

电动汽车充电模式主要分为两类: 集中式充换电和分散式充换电。集中式充换电模式以充电桩为中心, 在充换电站内设置了一系列的充电站, 通过对充电设备、电池及充电方式的集中控制, 实现了对充换电站的管理。但由于充电桩分布不均衡, 导致充电时间较长, 而分散式充换电模式在一定程度上解决了电动汽车充电难的问题。在集中式充换电模式中, 充换电站主要是为车辆提供电能补给服务。充换电设备在换电站内设置, 可以实现对电动汽车的快速充电。电动汽车可利用电网的剩余电量进行慢充, 当充满时便可进行快速充电。分散式充换电模式中, 汽车通常采用无线充电或与充电桩连接的方式对电池进行充电。无线充电可以不受时间限制, 且不受地域限制; 与充电桩连接的方式可实现快速充电, 但对电池进行慢充时会造成一定程度的损坏。

2 电动汽车充放电对电力系统的影响

2.1 电动汽车充电对电力系统的影响

电动汽车充电的过程一般分为三个阶段, 分别为初始充电、放电以及充电结束。其中, 初始充电是指电动汽车接入电网的时间, 此时电池的充放电是不平衡的, 电动汽车在充电机的作用下按照一定的顺序进行充放电。放电阶段是指电池电压逐渐下降, 直至放电完成。充电结束是指在电动汽车离开电网前进行最后一次充电, 此时电池电压最高。由于电动汽车的充放电时间不确定, 且其容量往往较小, 因此电动汽车充电对电网的影响主要体现在负荷曲线上。负荷曲线上负荷的峰谷差和电压波动可以用来衡量电力系统对电动汽车充电的接纳能力。

2.1.1 峰谷差

电动汽车充电负荷的峰谷差越大, 其对电力系统的影响越大。电动汽车充放电的峰谷差可通过如下公式来计算: 式中, I_t 为某时刻电动汽车充电负荷, E 为某时

刻各时段的负荷值, J 为电网中所有时间点的平均负荷值, N 为电动汽车总容量。如果 $I_t > I_j$, 则认为此时电动汽车充电负荷将对电网造成负面影响, 即该时段内电动汽车的充电负荷将使电网中总负荷增大。因此, 通过分析电动汽车充放电时对电网的影响程度可以反映出该地区电动汽车充电的峰谷差是否合理。

2.1.2 电压波动

电压波动是指系统中的负荷波动幅度超过了用户对电压的要求, 造成用户电压值不达标。由于电动汽车的充电功率一般较小, 其在充放电过程中往往存在较大的电压波动。由于电动汽车在充电时需要消耗大量的电能, 因此其在充电过程中会造成电网中的有功功率损耗, 进而造成负荷曲线上出现电压波动。此外, 由于电动汽车通常采用电池作为储能装置, 因此其充放电过程中产生的大量谐波会对电网产生影响。这会使电网中谐波电流增加, 进而引起电网电压的波动。因此, 为了减少电动汽车充电对电力系统的影响, 需要在电力系统设计和规划阶段合理地考虑电动汽车充电对于电网的影响。

2.2 电动汽车放电对电力系统的影响

电动汽车的充放电通常会导致电网负荷变化, 从而影响电力系统的稳定运行。电动汽车充放电负荷一般由两个部分组成: 一是储能装置, 二是用电负荷。电动汽车的充电过程可分为以下几个阶段: 1. 电动汽车在充电前处于无功平衡状态, 在充电过程中由于蓄电池输出功率变化会产生一定的无功功率。为了保持电池的电压和容量, 储能装置会输出一定的功率。在充电结束时, 电池完全充满, 此时储能装置不再输出无功功率, 将蓄电池中剩余的电量储存起来。这时整个电动汽车充放电系统处于一个平衡状态。2. 当电动汽车充电结束后, 电池处于满电状态, 此时储能装置不会输出无功功率, 但由于电池容量减小, 可能会引起电网负荷高峰与低谷之间的不平衡。此时在电网中的电动汽车充放电负荷将增加电网负荷波动。这种波动不仅影响电网用户用电体验, 也会对电网安全运行产生不利影响。同时, 电动汽车充放电负荷也可能影响电网负荷峰谷差。因此需要制定合理的充电策略来平抑电动汽车充放电负荷的波动^[1]。

3 电动汽车负荷描述

3.1 电动汽车充放电特性

电动汽车在进行充电时,需要将动力电池中的电能转化为其他形式的能量,从而完成充电过程。因此,电动汽车的充电负荷可分为充电负荷和放电负荷。电动汽车的放电负荷是指车辆在进行充电过程中所消耗的电能,也可将其看作是电池容量的变化。因此,电动汽车的放电负荷主要由以下几部分构成:1.车辆动力电池容量:车辆在行驶过程中产生的电能;2.车载电子设备所消耗的电能;3.车载空调、电机、灯光等其他功能用电设备。

电动汽车充电负荷的建模方式主要有2种:1.基于车型、行驶里程等数据分析电动汽车在充电过程中所消耗的电能;2.基于用户驾驶习惯,如电动汽车在启动、加速和减速时所消耗的电能。不同建模方式各有优缺点。基于车型数据分析电动汽车在充电过程中所消耗电能能够实现车辆充放电过程中负荷大小和变化趋势的预测,但也存在一定局限性^[2]。

3.2 电源出力特性

电动汽车在电网中接入,对电力系统的运行带来一定的影响,电源出力特性的研究是解决这一问题的基础。对于电动汽车而言,其输出功率往往取决于电动汽车本身,当电动汽车在充电时,会导致电动汽车电源出力发生变化。电动汽车电源出力包括两个部分:一是充电过程中,由电池的物理特性决定,具有储能特性;二是运行过程中,由车辆行驶状态决定,具有随机波动特性。虽然电动汽车具有储能特性,但其容量有限且不可存储。充电过程中,由于电池物理特性和车辆行驶状态不同。在实际运行中,电力系统中存在大量的备用电源和备用发电机组。如果不能合理地控制充电负荷、合理地调度电动汽车充电功率、合理地进行储能调峰等措施将会导致系统的安全运行和经济运行产生巨大影响。因此对电动汽车充放电过程进行研究具有重要意义^[3]。

3.3 网架结构特性

目前,国内外学者对电动汽车参与系统运行的研究主要集中于电动汽车与电网互动系统的协调优化问题,从研究对象来看,主要集中在电动汽车与电力系统间的互动上。但随着电网结构的发展,电力系统安全运行提出了更高的要求,对电力系统电压稳定、安全运行等方面也提出了更高的要求。因此,有学者在研究电动汽车充放电特性对电网结构产生影响的基础上,建立了一种电动汽车充放电对电网结构影响模型。该模型采用随机动态规划(stochastic dynamic programming, SDP)算法进行优化,计算出电动汽车充放电对电力系统电压稳定和频率稳定影响最小的最优充放电策略。通过仿真分析得出:电动汽车充放电对电网运行产生不同影响,但其均可以保证电网运行的稳定性。有学者在分析电动汽车参与电力系统运行时的控制策略基础上,提出一种考虑电动汽车充放电特性对电力系统影响的模型。该模型基于电力系统的分层控制架构,在传统分层控制体系结构中引入了电动汽车充放电特性,并在此基础上建立了考虑电动汽车充放电特性和电网安全稳定约束的上层控制体

系。通过仿真分析可知:在考虑电动汽车充电特性和电网安全稳定约束条件下,上层控制体系能够有效抑制大规模电动汽车充换电对电网运行带来的不良影响。同时,在上层控制体系中引入电动汽车充电特性后,可提高电力系统运行效率和可靠性。上述研究表明:考虑电动汽车充放电特性的电力系统运行模型可以有效提高电力系统运行效率和可靠性,对于解决大规模电动汽车充电问题具有重要意义^[4]。

3.4 调峰容量与能力

目前,电动汽车作为可调节的电源,在电力系统中主要通过调节电力负荷来满足供电需求。但由于电动汽车充电速度较快,负荷波动较大,这就使得电动汽车参与电力系统调峰成为必然。通过算例仿真分析了电动汽车充放电对系统中功率波动的影响。结果表明,当电动汽车在电网中充电时,对负荷的影响较小,当其放电时,对系统功率的影响较大;当电动汽车在电网中充电和放电时,对负荷都有一定的影响;在不同时间尺度下,对系统中功率波动的影响有所不同。相关学者建立了一种考虑电动汽车充放电的新能源微网模型。该模型通过在微网中加入储能装置来平抑负荷波动。储能装置包括蓄电池、超级电容器和飞轮储能装置三种类型。蓄电池作为储能装置使用时,可实现充放电功率随时间的变化;超级电容器作为储能装置使用时,可实现充放电功率随时间的变化;飞轮储能装置使用时,可实现充放电功率随时间的变化。上述研究表明,电动汽车参与电力系统调峰不仅能改善电力系统的电能质量和可靠性,而且还能促进可再生能源充分利用和新能源发展。然而,现有研究主要集中于对电动汽车充放电的影响研究以及对调峰容量与能力的研究,鲜有考虑电动汽车充放电对电网中功率波动影响的相关研究^[5]。

结论:本文综述了电动汽车充放电调度的研究现状,分析了电动汽车充放电对电力系统的影响。电动汽车充电调度中要充分考虑其特性和电动汽车充放电负荷曲线特征,研究其控制策略。同时还要充分考虑配电网网架结构、负荷特性、储能系统容量等因素,从经济角度出发,综合考虑其成本和效益,设计出合理的调度方案。

参考文献:

- [1]刘沅. 气电耦合虚拟电厂运营优化及风险评价模型研究[D].华北电力大学(北京),2021.
- [2]冯培磊. 电动汽车充放电多目标优化调度策略及选择充电站最佳经济路径的方法研究[D].云南民族大学,2019.
- [3]陈丽丹. 电动汽车广泛接入对电网的影响及其调控策略研究[D].华南理工大学,2018.
- [4]张明智. 电动汽车智能充放电控制及其对电网可靠性的影响[D].华北电力大学(北京),2018.
- [5]陈友媛,刘畅,杨雪,朱慧婷. 电动汽车充放电对电力系统的影响综述[J]. 电力信息与通信技术,2016,14(05):55-59.