

# 充电站内引导电动汽车有序充电控制方法仿真

杨陈 肖文乔  
 国电南瑞科技股份有限公司

**摘要:** 为了最大化充电站的运营利润, 限制配电变压器的容量以及最大化用户的充电需求, 建立了在充电站对电动车辆进行有序充电的数学模型。根据用户的充电规则, 使用蒙特卡罗模拟方法模拟用户的充电需求, 在两种情况下可以看到充电站运行的经济效益和配电变压器的负载情况。调查结果表明, 有序充电控制方法通过动态响应电网使用期间的分时电价, 可以显著提高电动汽车充电站的经济效益, 同时, 较低电价的诱因可能导致大量电动汽车在晚上以有序的充电方式一次充电, 从而导致功耗的另一个高峰。

**关键词:** 充电站; 电动汽车; 有序充电

自2011年以来, 有序充电的研究不仅限于分析对电网的影响, 而且正在逐步研究有序充电的方法。基于对电动汽车充电对电网的影响的总结, 提出了一种基于通过实测充电功率数据拟合的功率曲线的电动汽车有序充电方法。假设电网是安全的并且满足用户的充电需求, 则可以使用谷底功率为电动汽车充电, 以减少电网负载波动, 从而提高电网运行的经济性。

## 一、电动汽车有序充电控制策略、模型

### (一) 控制策略

假设充电站中所有充电器的额定充电功率为P, 配电变压器的额定容量为ST, 平均负充电功率因数为λ。锂电池通常分为三个阶段: 预充电阶段, 恒定电流充电阶段和恒定电压充电阶段。从低初始充电状态开始时, 通常需要进行短暂的预充电, 以避免高电流对电池的影响。在恒流充电阶段, 电池两端的电压基本不变, 因此此过程中的充电功率基本不变。当充电状态接近1时, 电池进入恒定电压阶段, 在此期间充电功率继续降低, 但是该阶段只占总充电时间的很小一部分。因此, 本文中的研究假设充电过程是恒定功率充电, 并且基于此计算的充电决策可以基本满足客户的充电需求。每15分钟, 充电站的EV充电控制系统会根据EV的停车状态、用户需求、电网负荷和充电站电费信息以及接下来时间调用常规充电优化程序。计算并确定每个充电器都会充电。关闭状态, 以最大化电动汽车充电站的运行效率。

### (二) 数学优化模型

旨在使充电站的经济利益最大化的目标功能是, C<sub>nj</sub>是是当前时间开始的第j个周期中第n个充电器的控制决策。C<sub>nj</sub> = 1表示充电器已打开, C<sub>nj</sub> = 0表示充电器已关闭, Δt是恒定时间的长度, 本文耗时15分钟。

$$\max \sum_{j=1}^J \sum_{n=1}^N C_{nj} S_{nj} P \Delta t (p_j - c_j)$$

配电变压器的容量限制如下, λ是充电负载的平均功率因数。

$$\sum_{n=1}^N C_{nj} S_{nj} P \leq A_j S_T \lambda \quad j = 1, 2, \dots, J$$

在J时段内, 电动汽车的电池充电状态必须至少达到充电开始时所需的最终充电状态Y<sub>n,D</sub>, 并在充满电后停止充电。功率需求约束为上面的优化模型是一个以C作为决策变量的线性整数规划模型, 其中C是充电器的充电和起始决策矩阵, 由决策变量C<sub>nj</sub>组成。本文使用CPLEX优化工具包对其进行了解决。

$$Y_{n,D} B_n \leq \sum_{j=1}^J C_{nj} S_{nj} P \Delta t + Y_{n,A} B_n \leq B_n$$

式中: n=1, 2, ..., N。

## 二、算例分析

### (一) 参数设置

以本地充电站为例, 配电变压器承载常规负载和电动汽车充电负载。配电变压器的容量为800 kVA。根据2010年4月在中国采用的“电动汽车导电接口”, 传统的充电模式是在充电站中以7kW的充电功率和0.9的充电负载功率因数对电动汽车进行充电。充电站有80个充电桩, 最大负载为配电变压器容量的50%。

表1 充电站电价参数设置

时段	购电电价/ (元 · (kW · h) <sup>-1</sup> )	充电电价/ (元 · (kW · h) <sup>-1</sup> )
谷时段(00:00—08:00)	0.365	1
峰时段(08:00—12:00, 17:00—21:00)	0.869	1
平时段(12:00—17:00, 21:00—00:00)	0.687	1

来自电网的充电站的电费采用国内工业分时电费的形式, 而电动汽车充电站所收取的充电费是统一的。表1显示了充电站电费的特定参数设置, 假设充电站每天为100辆私人电动汽车提供充电服务, 分析了通常使用电动汽车的居民用户的习惯, 并设计了电动汽车的充电数据。

### (二) 基于蒙特卡罗模拟的仿真分析方法

根据蒙特卡罗模拟方法, 根据表2中的数据随机生成大量电动汽车充电日需求数据, 并计算电动汽车充电过程以进行常规充电控制和无序充电。

## 三、结果分析

在本例中, 充电站的营业收入约为混沌充电模式的3倍, 而在有序充电模式下, 充电站的经济效率大大提高。比较模拟数据, 可以看到两种充电模式使放弃客户的充电站百分比保持较低水平。这表明正常的充电方法不会显著影响充电站的充电。当充电站没有额外的停车位时, 基本上会出现车辆无法进入充电站的情况。实际上, 由于忽略了配电变压器的容量限制, 当充电站的停车位用完时, 就会放弃客户服务。因此, 每天停止服务的充电站的比例与充电站的停车位数量, 电动汽车的充电时间分配以及配电变压器的容量直接相关。在有序充电模式下, 每天平均车辆充电需求的下降率保持在非常低的水平。由此可见, 充电站基本可以满足用户的充电需求, 经济效益高。

### 结语

综上所述, 基于充电站的实时运行状态和电动汽车用户的实际充电行为, 通过使用建议的常规充电控制方法来确保客户需求并防止变压器过载, 可以显著提高充电站的盈利能力。所提出的控制策略在计算上是有效的, 并且适合于对电动汽车进行有序充电的大型充电站的实时控制计算。

### 参考文献:

- [1] 刘燕, 王敬敏. 充电站内引导电动汽车有序充电控制方法仿真[J]. 计算机仿真, 2020, 37(02): 149-153.
- [2] 常方宇, 黄梅, 张维戈. 分时充电价格下电动汽车有序充电引导策略[J]. 电网技术, 2016, 40(09): 2609-2615.

### 作者简介:

杨陈(1990-), 本科, 国电南瑞科技股份有限公司, 从事电力工程工作;

肖文乔(1988-), 本科, 国电南瑞科技股份有限公司, 从事电力工程工作。