

考虑电动汽车有序充电的配电网重构降损策略

郑凯 陶德顺

国电南瑞科技股份有限公司

摘要: 电动汽车的用户考虑到其高峰和谷地使用时间电费政策, 决定更改其电动汽车的充电方案。这使得电动车辆的无序充电成为计划和可预测的顺序充电。在此基础上, 用户对峰谷分时电价的不同响应方式如何影响配电网的重新配置是本文中的一个重要问题, 本文的数学模型是为了使配电网的重建成本降到最低, 解决本文中提出的问题, 并提出了一种用于模拟IEEE 33节点系统的混合粒子群蚁群算法, 验证了配电网改造解决方案的有效性。通过在电价低谷期间进行充电, 可以有效降低配电网重建成本的损失, 用户响应速度越快, 配电网重建成本的损失就越少。

关键词: 电动汽车; 配电网重构; 有序充电

一、电动汽车的意义

随着电气化的发展, 电动汽车的数量逐年增加, 预计到2024年全球电动汽车数量将达到 1100×10^4 , 2025年将达到 $3,000 \times 10^4$ 。为了实现电动汽车充电需求, 配电网中建有許多充电站和充电桩。电动汽车用户通常在晚上工作后进行充电, 因为电动汽车的充电行为与人们的日常工作和日常生活密切相关, 电网的运行具有重大影响。电动汽车的有序充电是当前研究的重点, 目的是减少电动汽车电网连接的负面影响。同时, 由于电动汽车的迁移特性, 它可以在不同地区使用。充电站显示出不同的负载曲线。现有的配电网结构难以适应不同的充电负荷, 这增加了配电网的网络损耗并降低了电压质量。配电可以修改配电网中的灵活开关, 以传输潮流减少网络损耗并提高电压质量。因此, 研究电动汽车的有序充电和配电网的重建策略具有十分重要的意义。

二、配电网分时电价制定策略

(一) 目标函数

配电网运营商通过设置分时电价来指导EV的有序充电, 目的是减少峰值和填充谷值, 以减少配电网中的负荷波动。DL是配电网的负荷波动, T是调度周期, PL是周期, 平均基本负荷PC是该时段内配电网的总充电负荷。

$$\min D_L = \frac{1}{T} \sum_i [(P_{L,t} + P_{C,t}) - \frac{1}{T} \sum_i (P_{L,t} + P_{C,t})]^2 \quad (1)$$

(二) 配电网重构的数学模型目标函数

重建配电网的目标通常是减少系统中的网络损耗。因此, 通过优化每个时段的切换状态并减少全天(15)的配电网的网络损耗, I为0负载节点的数量, Line是线的集合, P_{ij} 是线ij之间的网络损耗, G_{ij} 是分支ij的电导, V_i 是在时间t处节点i的电压, $\theta_{ij,t}$ 是分支i在t处的角度。连接到节点j的节点在时间t处处于分支ij的连接状态, 并且 $t = 1$ 连接到分支ij。

$$\begin{cases} \min P_{loss} = \sum_{i=1}^T \sum_{i=1}^I \sum_{j \in C(i)} P_{ij,t} \Delta t, & ij \in Line \\ P_{ij,t} = \alpha_{ij,t} G_{ij} (V_{i,t}^2 + V_{j,t}^2 - 2V_{i,t} V_{j,t} \cos \theta_{ij,t}) \end{cases}$$

三、仿真与分析

该仿真基于图1所示的IEEE 33节点配电网系统。节点0为平衡节点, 配电网的额定电压为12.66 kV。分销网络中有32个。一组常闭开关(在图中黑色实线表示), 5组联络开关(在图1中黑色虚线表示), 需要配电网来保证径向运行,

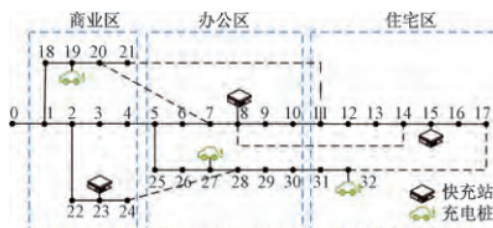


图1 IEEE33 配电网系统

因此IEEE 33配电网的初始状态为32组常闭, 交换机处于闭合状态, 五组接触开关断开。目前, 分销网络分为三个功能区域, 办公区域、商业区域和住宅区域。每个功能区域都有一个慢速充电桩和一个快速充电站。充电器的最大功率为6.6kW, 充电器的数量与停车位相同。快速充电站充电器的功率极限为30kW, 充电器数量为8, 每天有400条收费记录, 充电记录是丹麦电动汽车行驶数据。

充电策略可以在一段时间内优化电动汽车用户的负载曲线, 从而减少峰谷差异和负载分配, 但是对于配电网而言, 网络损耗仍然过高, 问题在于某些节点上的电压太低。由于不同的充电负载特性(在电网中新建充电站和充电桩, 以及根据位置而不同的充电站/桩), 很难使原始电网结构适应现有的功率分配。在考虑电动汽车的有序充电之后, 在空间尺度上优化网络的网格结构以适应流量分配。将电网负载划分为多个周期并针对每个周期执行电网重构策略后的电网电压分布。配电网中的最低电压发生在节点31的12:00, 最低电压为0.901 1 p, 而在重建电网之前为0。这非常接近配电网的标准电压。在采取全天不变的静态重新配置策略后, 配电网的每日网络损耗为2.006 1 MW。采用分阶段重建策略后, 配电网的每日网络损耗为1.913 MW 3 MW。这与以前的重建没有太大不同, 减少了2.852 9 MW。

四、结论

由于电动汽车用户的充电需求, 电网运营商无法在夜间低谷期间完全转移充电负荷。因此, 有必要通过分时电价策略指导充电站对充电负载进行充电, 前提是它满足用户的充电需求。电网重组策略可以改变电网的电网结构, 且开关动作较少, 在电动汽车比例较高的情况下适应未来的电网趋势。通过缩短充电站节点与平衡节点之间的电气距离, 可以避免配电网的长距离重载, 减少网络损耗并提高电压质量。

结语: 总之, 电动汽车放电对电网重组策略的影响需要在未来的研究中进一步研究。

参考文献

- [1] 马文彪, 程亮, 陈红坤. 考虑电动汽车有序充电的主动配电网网架规划[J]. 电力科学与技术学报, 2020, 35(03): 83-91.
- [2] 袁欣, 胡文博. 考虑电动汽车有序充电的配电网重构降损策略[J]. 科学技术与工程, 2019, 19(34): 213-220.

作者简介:

郑凯(1990-), 籍贯: 安徽滁州, 性别: 男, 民族: 汉族, 研究方向: 电气工程。

陶德顺(1988-), 籍贯: 江苏南京, 性别: 男, 民族: 汉族, 研究方向: 电气工程。