一种考虑运行经济性和调度计划的电动汽车充电站储能容量优化方法

技术领域

本发明涉及一种电动汽车充电站储能容量优化方法，尤其是涉及一种考虑运行经济性和调度计划的电动汽车充电站储能容量优化方法。

背景技术

电动汽车在节能减排、遏制温室效应及保障国家能源安全等方面有着传统汽车有着传统汽车无法比拟的优势，受到了各国政府、汽车生产商以及能源企业的广泛关注。日益提升的电池设备、充电技术以及充电设施也促进电动汽车不断普及。电动汽车入网，将对电力系统的规划、运行以及电力市场的运营产生深刻影响。由于受诸多因素影响，充电负荷具有复杂特性。就单一车辆而言，它主要由用户出行需求决定，同时受到用户使用习惯、设备特性等因素的影响。就区域电力系统而言，它还受到电动汽车数量规模、充电设施完善程度的影响。由于用户需求和用户行为的不确定性与相互差异，充电负荷具有一定的随机性、分散性。

改善电动汽车充电负荷分散性的有效途径是营建电动汽车充电站，从而实现对既定范围内的电动汽车实现统一管理。然而，电动汽车充电站在改善电动汽车充电随机性方面作用不甚明显。充电功率的波动将增大系统调度运行的困难威胁系统的安全稳定运行，系统需要预置更多的备用容量和紧急控制方案，大大地增加了系统运行成本。

解决上述问题的有效途径是为电动汽车充电站配置储能装置。电动汽车充电站配置储能装置能够有效平抑充电功率波动，同时会在减少网络损耗、稳定系统电压水平等方面有所助益，甚至有助于电动汽车为电网提供诸如调频、黑启动等辅助服务。如何为电动汽车充电站配置储能装置、各充电站储能装置容量确定是亟待解决的问题，一方面，需要最大程度地保证变电站所辖区域的电动汽车充电需求，另一方面，需要兼顾充电站建设成本以及系统整体运行的经济性、避免充电或储能设备闲置。建立以储能投资成本及电动汽车充电站运行成本最小为目标函数，考虑蓄电池充放电功率、能量等约束条件的电动汽车充电站储能容量优化决策模型可同时兼顾电动汽车行为特性、电力系统调度运行的经济性。目前，在新能源并网应用领域，有关为风电场配置储能容量的研究颇多，与风电场相类似地，为电动汽车充电站配置储能装置是未来充电站运营的重要手段，但目前尚缺少相应的建模方法。

发明内容

为解决上述问题，本文发明提出了一种考虑运行经济性和调度计划的电动汽车充电站储能容量优化方法，同时考虑系统调度计划和运行经济性，求取电动汽车充电站储能容量最佳配置策略。

本发明的技术方案采用如下步骤：

## 考虑蓄电池最大充放电功率限制，引入蓄电池充放电数学模型。

## 建立以储能投资成本及电动汽车充电站运行成本最小为目标函数，考虑蓄电池充放电功率、能量等约束条件的电动汽车充电站储能容量优化决策模型。

## 采用改进的粒子群算法实现所建模型的求解。

所述的步骤1)中的考虑蓄电池最大充放电功率限制，引入蓄电池充放电数学模型，具体为：

时刻充电站实际充电功率与预测充电功率的差值为：



考虑蓄电池最大充放电功率限制，蓄电池的充放电功率可以表示为：



其中，为时刻蓄电池充放电功率；为蓄电池的最大充电功率；为蓄电池最大放电功率。若，则时刻蓄电池处于充电状态；反之，则处于放电状态。

时刻和时刻的蓄电池储能容量和在充电和放电情况下可分别表示为：

(1)充电状态：



其中，为蓄电池充电功率；为充电站充电功率采样间隔；为蓄电池在时刻的充电功率，为正值。在充电过程中，若蓄电池容量在时刻充满至额定容量，则蓄电池停止充电，有：



(2)放电状态：



其中，为蓄电池的放电效率；为时刻蓄电池放电功率，为负值。若在时刻放电至，则停止放电，有：



所述的步骤2)中建立以储能投资成本及电动汽车充电站运行成本最小为目标函数，考虑蓄电池充放电功率、能量等约束条件的电动汽车充电站储能容量优化决策模型，具体步骤为：

**(1)目标函数：**

电动汽车充电站储能容量配置的优化目标是在满足辖区内电动汽车充电需求的前提下，能过最大程度的减少电动汽车充电站整体充电功率波动，以最低储能投资成本及运行成本实现电动汽车充电站运行效益最优化。

储能容量优化模型的基础是电动汽车充电站充电功率参考值(调度值)。具体方法为：以等效输出功率方差最小为目标，根据调度时间窗口确定采样周期以求取适应现有调度运行方式的电动汽车充电站充电功率参考值，目标函数为：



其中，为第个时间窗口，为一个时间窗口内采样个数，可根据调度时间窗口来选取。

考虑到储能容量运行成本(包括设备闲置成本和储能系统损失能量成本)与投资成本两者的对立关系，采取这种处理方法使储能的综合效益达到最优。通常，电动汽车充电具有以天为单位的周期性，分析某一天(或分析多天取均值)的分布规律可作为该电动汽车充电站运行年限内充电功率的分布特性，设备闲置量和储能损失量可分别定义为：













其中，，，，分别为用于描述储能设备闲置及储能系统能量损失情况的布尔量。为电动汽车充电站设计使用时长；为考察时段，本文为1天。

电动汽车充电站储能系统储能容量优化的目标函数是储能系统成本(包括投资成本和运行成本)最小，如下式所示：



其中，为运行成本和投资成本的折中系数，为单位价格系数，为储能设备安装成本。

**(2)约束条件：**

约束条件包括蓄电池约束和充电站功率约束。

a.蓄电池储能容量约束：



b.蓄电池充放电功率约束：



c.充电站充电功率波动水平约束：



其中，表示蓄电池放电深度；表示时间窗口内充电站充电功率波动值；表示允许的功率波动上限；为对应的置信水平。

所述的步骤3)中采用改进的粒子群算法实现所建模型的求解，具体为：

采用改进的粒子群优化算法对所建模型进行求解，具有鲁棒性强、计算效率高的特点，并且能有效克服动态边界问题，模型的具体求解过程可参见流程图（图1）。

本发明的有益效果是：

本发明能够定量地确定电动汽车充电站最佳的储能装置容量配置方案，该方案能够可同时兼顾电动汽车行为特性、电力系统调度运行的经济性从而使系统整体资源配置更优。

附图(表)说明

图1 模型求解流程图

图2 电动汽车充电站地理分布

表1 算例数据

表2 各充电站储能容量优化结果

表3 不同时间窗口下的最优储能容量

具体实施例

本发明的具体实施例如下：

我们采用一个某地域含5个电动汽车充电站的算例(图2)验证本发明的有效性。表1给出了算例的相关参数。表2给出了5个电动汽车充电站储能容量优化结果(调度时间窗口为0.5h)，从结果中可以看出，储能容量的配置情况基本与电动汽车充电站充电功率的预测值变化趋势一致，电动汽车充电站充电功率预测值越大充电站需要预置的储能容量也相应地越多。另外，我们选取充电站1，2为例研究了不同调度时间窗口对最优储能容量的影响，如表3所示，可以看出，调度时间窗口越短，充电站所需的储能容量越小。因此，实际工程应用中应根据当地调度运行计划的要求选取合适的时间窗口。

上述具体实施方式用来解释说明本发明，而不是对本发明进行限制，在本发明的精神和权利要求的保护范围内，对本发明做出的任何修改和改变，都落入本发明的保护范围。

说 明 书 附 图（表）



图1 模型求解流程图



图2 电动汽车充电站地理分布

表1 算例数据

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| No. |  |  |  |  | /(MW) |
| 1 | 0.7/0.96 | 0.3/0.3/0.4 | 4.32/15.69/25.65 | 15.78 | 99.87 |
| 2 | 0.75/1.00 | 5.78/13.58/23.89 | 17.63 | 70.54 |
| 3 | 0.69/0.98 | 4.58/14.89/22.98 | 14.25 | 85.67 |
| 4 | 0.78/1.00 | 5.01/15.74/22.36 | 18.56 | 37.98 |
| 5 | 0.82/0.97 | 5.52/16.37/21.75 | 17.23 | 120.37 |

表2 各充电站储能容量优化结果

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| No. | /(MW·h) |  |
| 1 | 23.12 | 2789.01 |
| 2 | 13.24 | 1779.64 |
| 3 | 18.35 | 2213.75 |
| 4 | 9.63 | 1302.98 |
| 5 | 28.30 | 3249.60 |

表3 不同时间窗口下的最优储能容量

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 充电站1 | | | 充电站2 | | |
| 时间窗口 | /(MW·h) |  | 时间窗口 | /(MW·h) |  |
| 0.25h | 18.29 | 2239.58 | 0.25h | 9.12 | 1423.32 |
| 0.5h | 23.12 | 2789.01 | 0.5h | 13.24 | 1779.64 |
| 1h | 27.84 | 3368.32 | 1h | 18.56 | 2315.68 |