



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106972534 A

(43)申请公布日 2017.07.21

(21)申请号 201710290707.4

(22)申请日 2017.04.28

(71)申请人 国网山东省电力公司泰安供电公司

地址 271021 山东省泰安市东岳大街8号

申请人 国家电网公司

(72)发明人 明玲玲 梁伟 张友泉 孙鹏

刘勇波 李峰 张琳 郭建刚

卜钧 宋嵬嵬

(74)专利代理机构 北京锺维联合知识产权代理

有限公司 11579

代理人 赵中璋

(51)Int.Cl.

H02J 3/38(2006.01)

H02J 3/32(2006.01)

权利要求书3页 说明书10页

(54)发明名称

一种光伏充电站能量调度管理方法

(57)摘要

本发明提供一种光伏充电站能量调度管理方法,包括光伏发电系统、储能系统、PCS控制系统、调度管理系统、天气预报通讯接口、负荷数据通讯接口。基于对光伏充电站组成结构和调度管理设计进而控制储能电池单元与电网之间的能量流动;该方法以低负荷时刻优先充电、高负荷时刻优先放电为原则,将储能系统中的电能通过PCS控制系统输送到交流配电网以满足用电需求,实现精准高效地电网负荷削峰填谷,总体提高电网的经济效益。本发明将电动汽车退役电池作为光伏发电储能装置,实现了退役电池的二次利用。

1. 一种光伏充电站能量调度管理方法,包括:

步骤S100,提供光伏充电站能量调度管理系统,所述光伏充电站能量调度管理系统包括:光伏发电系统、储能系统、交流配电网以及用于控制储能系统与交流配电网之间能量流动的PCS控制系统,还包括调度管理系统和监控系统;

所述监控系统与光伏发电系统、储能系统和交流配电网连接,用于监测光伏发电系统的状况、储能系统的状况和交流配电网的负荷;

所述调度管理系统与所述监控系统和所述PCS控制系统分别通讯连接,用于根据从监控系统获取的信息生成指令信号;

所述光伏发电系统连接所述储能系统;所述储能系统连接所述PCS控制系统,并通过PCS控制系统连接交流配电网;所述PCS控制系统连接所述调度管理系统并接收调度管理系统的指令信号,并且根据所述指令信号控制储能系统与交流配电网之间能量流动;

步骤S200,所述调度管理系统根据天气预报的数据预测所述光伏发电系统的发电量,并根据预测的所述光伏发电系统的发电量向所述PCS控制系统发出指令信号,在所述交流配电网的夜间电网负荷低谷期间调度所述储能系统从所述交流配电网吸收电能。

2. 根据权利要求1所述的光伏充电站能量调度管理方法,其中,

步骤S200中,所述调度管理系统结合天气预报信息将一天分为N个时间段进行光伏发电功率预测,其中, N_1 是夜间电网负荷低谷起始时间段, N_m 是白天电网进入高峰起始时段,夜间电网负荷低谷于第 N_m 时段结束,自夜间电网负荷低谷起始时间段 N_1 至白天电网负荷高峰起始时段 N_m 包括n个时段;

所述储能系统在夜间电网负荷低谷时期的 $N_1 \sim N_m$ 时段中以优先充电为原则,充电模型如下:

$$Z_{char_G} = A(1 - SOC) - \sum_{i=1}^{n-1} P_i \Delta t_i \quad (\text{式1})$$

上式中, Z_{char_G} 为夜间电网负荷低谷期间所述储能系统能够从所述交流配电网吸收的电量; A 为储能电池的容量; SOC 为 N_1 时间段开始时储能系统的剩余电量; P_i 为第 i 个时间段光伏发电的发电功率; Δt_i 为第 i 个时间段的时长。

3. 根据权利要求2所述的光伏充电站能量调度管理方法,其中,

步骤S200中,自夜间电网负荷低谷起始时间段 N_1 至夜间电网负荷低谷结束时间段 N_m 包括m个时段,在进入所述m个时段中的第 i 个时间段 N_i 时, $i = 1 \sim m$,检测所述储能系统中的每个储能电池单元,将最近充放电状态为充电状态的储能电池单元列入充电组,将最近充放电状态为放电状态的储能电池单元列入放电组,将充电组的全部 x 个储能电池单元根据各自剩余电量 SOC 由大到小排序;

根据历史数据预计出储能系统在第 i 个时间段为消除负荷低谷需要从所述交流配电网吸收的电量 Q_i ;从充电组的 x 个储能电池单元中依据 SOC 值由大到小选出 a 个储能电池单元,使得 $\sum_{j=1}^{a-1} q_j < Q_i \leq \sum_{j=1}^a q_j$,其中 q_j 为第 j 个储能电池单元在其最适充电电流条件下在第 i 个时段的时长中所能吸收的电量;

将从充电组选出的 a 个储能电池单元分别连接到PCS控制器,并在各自的最适充电电流条件下充电。

4. 根据权利要求3所述的光伏充电站能量调度管理方法,其中,

步骤S200中,检测所述储能系统中的每个储能电池单元的剩余电量SOC,将充电组中的SOC值大于第一阈值的储能电池单元列入放电组,将放电组中的SOC值小于第二阈值的储能电池单元列入充电组。

5. 根据权利要求4所述的光伏充电站能量调度管理方法,其中

步骤S200中,若充电组中全部x个储能电池单元不足以在第i个时间段内吸收电量 Q_i ,则将放电组的y个储能电池单元根据剩余电量SOC由小到大排序,然后从放电组的y个储能电池单元中依据SOC值由小到大原则选出b个储能电池单元,使得 $\sum_{j=1}^x q_j + \sum_{k=1}^{b-1} q_k < Q_i \leq \sum_{j=1}^x q_j + \sum_{k=1}^b q_k$,其中 q_k 为从放电组选出的b个储能电池单元中第k个储能电池单元在其最适充电电流条件下在第i个时段的时长中所能吸收的电量;

将充电组的x个储能电池单元和从放电组选出的b个储能电池单元分别连接到PCS控制器,并且在各自的最适充电电流条件下充电。

6. 根据权利要求3或5所述的光伏充电站能量调度管理方法,其中,

步骤S200中,检测所述储能系统中的每个储能电池单元的充放电历史,将充电组中超过h天未曾充电的z个储能电池单元列入维护组,

当 $\sum_{l=1}^z q_l \geq Q_i$ 时,优先从维护组中选择c个储能电池单元,使得: $\sum_{l=1}^{c-1} q_l < Q_i \leq \sum_{l=1}^c q_l$,然后将维护组的c个储能电池单元分别连接到PCS控制器,并且在各自的最适充电电流条件下充电;

当 $\sum_{l=1}^z q_l < Q_i$ 时,优先选择维护组中的z个储能电池单元并从充电组中选择a个储能电池单元,使得: $\sum_{l=1}^z q_l + \sum_{j=1}^{a-1} q_j < Q_i \leq \sum_{l=1}^z q_l + \sum_{j=1}^a q_j$,然后将维护组的z个储能电池单元和从充电组选出的a个储能电池单元分别连接到PCS控制器,并且在各自的最适充电电流条件下充电;

其中 q_l 为维护组中第l个储能电池单元在其最适充电电流条件下在第i个时段的时长中所能吸收的电量。

7. 根据权利要求6所述的光伏充电站能量调度管理方法,其中,

步骤S200中,在自夜间电网负荷低谷起始时间段 N_1 至夜间电网负荷低谷结束时间段 N_m 包括的m个时段中,始终优先选择维护组的储能电池单元,直至其SOC大于第一阈值后列入放电组。

8. 根据权利要求3或4或6所述的光伏充电站能量调度管理方法,其中

步骤S200中,当根据历史数据预计,自夜间电网负荷低谷起始时间段 N_1 至夜间电网负荷低谷结束时间段 N_m 包括的m个时段中,为消除负荷低谷需要从所述交流配电网吸收的电量远大于所述储能系统能够从所述交流配电网吸收的电量 Z_{char_G} ,即, $\sum_{i=1}^m Q_i \gg Z_{char_G}$,将全部充电组的储能电池单元用于充电,并且使每个储能电池单元的充电时段历经夜间电网负荷低谷时期的谷底时刻 t_0 。

9. 根据权利要求1或3或8所述的光伏充电站能量调度管理方法,其中

步骤S200中,在夜间电网低谷时期的起始时间段 N_1 到来时,检测所述储能系统中的每个储能电池单元的SOC并计算该储能电池单元在其最适电流充电条件下充电至其SOC大于第

一阈值的时长 ΔT ;

当 ΔT 大于等于夜间电网负荷低谷的总时长 $\sum_{i=1}^m \Delta t_i$ 时, 从进入夜间电网负荷低谷的起始时间段 N_1 至结束时段 N_m 对该储能电池单元充电;

当 ΔT 小于夜间电网负荷低谷的总时长 $\sum_{i=1}^m \Delta t_i$ 时, 从 $t_0 - \Delta T/2$ 时刻至 $t_0 + \Delta T/2$ 时刻对该储能电池单元充电。

一种光伏充电站能量调度管理方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种光伏充电站能量调度管理方法,基于对光伏充电站组成和结构设计进而控制储能电池单元与电网之间的能量流动。

背景技术

[0002] 随着社会不断的发展,电力的应用在我们生活中已越来越广泛,因此电力安全方面也越来越受到重视;以往的光伏储能充电站中,将光伏发电直接接入电网未能很好的消除并网对电网所带来的弊端,发电机组的突然故障下网或者电力需求的突然增高,会导致系统发电量和用电量有一定差值。例如,当光伏发电大量接入电网时,电网系统运行所经常面临的一个问题就是太阳很快落山了而用电高峰正好开始,那么电网系统需要在两三个小时内将原本由光伏发电所供应的电力需求转由常规机组去供应。而且随着光伏接入量越大,这种转变会变更明显,那么对于常规机组的上网速度要求就越高。因此电力系统的管理者面临了一个两难选择,要不然提前切掉一部分光伏,让这种光伏发电转为常规机发电的转变没那么突出,另一个选择就是选择成本高昂但更能快速反应的机组。随着电动汽车的迅速发展,未来大量废旧动力电池再利用的需求也将刺激基于电动汽车废旧电池的大规模电池储能站的投资。又因为太阳光的随机性和不连续性,其光伏发电中储能系统是必不可少的。电力行业的专业术语“削峰填谷”是指通过发电侧或用电侧的调度,将尖峰负荷时段内的部分负荷安排到低谷负荷时段内,以便削减系统的尖峰负荷、增加系统的低谷负荷,提高负荷率。大量电动汽车投入运行之后所产生的用电负荷反而会加大原始负荷的峰谷差率,电动汽车退役电池和光伏发电的结合作为电动汽车充电站的一部分可以对用电负荷起到削峰填谷的作用,并且大规模电动汽车退役电池作为光伏发电储能装置之一,具有便于电能的长期存储的特点,不利方面是未能对光伏发电与电网之间的能量流动给出有效的较为精确的控制措施,使得充电站的储能电池无法随时高效地平衡电网压力,没有实现真正意义上的削峰填谷。

发明内容

[0003] 为解决现有技术存在的上述问题和缺陷,本发明提供一种光伏充电站能量调度管理方法,该方法以低负荷时刻优先充电、高负荷时刻优先放电为原则,将储能系统中的电能通过PCS控制系统输送到交流配电网以满足用电需求,实现精准高效地电网负荷削峰填谷,总体提高电网的经济效益。

[0004] 本发明提供以下技术方案:

[0005] 一种光伏充电站能量调度管理方法,包括:

[0006] 步骤S100,提供光伏充电站能量调度管理系统,所述光伏充电站能量调度管理系统包括:光伏发电系统、储能系统、交流配电网以及用于控制储能系统与交流配电网之间能量流动的PCS控制系统,还包括调度管理系统和监控系统;

[0007] 所述监控系统与光伏发电系统、储能系统和交流配电网连接,用于监测光伏发电

系统的状况、储能系统的状况和交流配电网的负荷；

[0008] 所述调度管理系统与所述监控系统和所述PCS控制系统分别通讯连接，用于根据从监控系统获取的信息生成指令信号；

[0009] 所述光伏发电系统连接所述储能系统；所述储能系统连接所述PCS控制系统，并通过PCS控制系统连接交流配电网；所述PCS控制系统连接所述调度管理系统并接收调度管理系统的指令信号，并且根据所述指令信号控制储能系统与交流配电网之间能量流动；

[0010] 步骤S200，所述调度管理系统根据天气预报的数据预测所述光伏发电系统的发电量，并根据预测的所述光伏发电系统的发电量向所述PCS控制系统发出指令信号，在所述交流配电网的夜间电网负荷低谷期间调度所述储能系统从所述交流配电网吸收电能。

[0011] 进一步地，步骤S200中，所述调度管理系统结合天气预报信息将一天分为N个时间段进行光伏发电功率预测，其中， N_1 是夜间电网负荷低谷起始时间段， N_n 是白天电网进入高峰起始时段，夜间电网负荷低谷于第 N_m 时段结束，自夜间电网负荷低谷起始时间段 N_1 至白天电网负荷高峰起始时段 N_n 包括n个时段；

[0012] 所述储能系统在夜间电网负荷低谷时期的 $N_1 \sim N_m$ 时段中以优先充电为原则，充电模型如下：

$$[0013] \quad Z_{char_G} = A(1 - SOC) - \sum_{i=1}^{n-1} P_i \Delta t_i \quad (\text{式 } 1)$$

[0014] 上式中， Z_{char_G} 为夜间电网负荷低谷期间所述储能系统能够从所述交流配电网吸收的电量；A为储能电池的容量；SOC为 N_1 时间段开始时储能系统的剩余电量； P_i 为第i个时间段光伏发电的发电功率； Δt_i 为第i个时间段的时长。

[0015] 进一步地，步骤S200中，自夜间电网负荷低谷起始时间段 N_1 至夜间电网负荷低谷结束时间段 N_m 包括m个时段，在进入所述m个时段中的第i个时间段 N_i 时， $i = 1 \sim m$ ，检测所述储能系统中的每个储能电池单元，将最近充放电状态为充电状态的储能电池单元列入充电组，将最近充放电状态为放电状态的储能电池单元列入放电组，将充电组的全部x个储能电池单元根据各自剩余电量SOC由大到小排序；

[0016] 根据历史数据预计出储能系统在第i个时间段为消除负荷低谷需要从所述交流配电网吸收的电量 Q_i ；从充电组的x个储能电池单元中依据SOC值由大到小选出a个储能电池单元，使得 $\sum_{j=1}^{a-1} q_j < Q_i \leq \sum_{j=1}^a q_j$ ，其中 q_j 为第j个储能电池单元在其最适充电电流条件下在第i个时段的时长中所能吸收的电量；

[0017] 将从充电组选出的a个储能电池单元分别连接到PCS控制器，并在各自的最适充电电流条件下充电。

[0018] 进一步地，步骤S200中，检测所述储能系统中的每个储能电池单元的剩余电量SOC，将充电组中的SOC值大于第一阈值的储能电池单元列入放电组，将放电组中的SOC值小于第二阈值的储能电池单元列入充电组。

[0019] 进一步地，步骤S200中，若充电组中全部x个储能电池单元不足以在第i个时间段内吸收电量 Q_i ，则将放电组的y个储能电池单元根据剩余电量SOC由小到大排序，然后从放电组的y个储能电池单元中依据SOC值由小到大原则选出b个储能电池单元，使得 $\sum_{j=1}^x q_j + \sum_{k=1}^{b-1} q_k < Q_i \leq \sum_{j=1}^x q_j + \sum_{k=1}^b q_k$ ，其中 q_k 为从放电组选出的b个储能电池

单元中第k个储能电池单元在其最适充电电流条件下在第i个时段的时长中所能吸收的电量；

[0020] 将充电组的x个储能电池单元和从放电组选出的b个储能电池单元分别连接到PCS控制器,并且在各自的最适充电电流条件下充电。

[0021] 进一步地,步骤S200中,检测所述储能系统中的每个储能电池单元的充放电历史,将充电组中超过h天未曾充电的z个储能电池单元列入维护组,

[0022] 当 $\sum_{l=1}^z q_l \geq Q_i$ 时,优先从维护组中选择c个储能电池单元,使得: $\sum_{l=1}^{c-1} q_l < Q_i \leq \sum_{l=1}^c q_l$,然后将维护组的c个储能电池单元分别连接到PCS控制器,并且在各自的最适充电电流条件下充电;

[0023] 当 $\sum_{l=1}^z q_l < Q_i$ 时,优先选择维护组中的z个储能电池单元并从充电组中选择a个储能电池单元,使得: $\sum_{l=1}^z q_l + \sum_{j=1}^{a-1} q_j < Q_i \leq \sum_{l=1}^z q_l + \sum_{j=1}^a q_j$,然后将维护组的z个储能电池单元和从充电组选出的a个储能电池单元分别连接到PCS控制器,并且在各自的最适充电电流条件下充电;

[0024] 其中 q_l 为维护组中第l个储能电池单元在其最适充电电流条件下在第i个时段的时长中所能吸收的电量。

[0025] 进一步地,步骤S200中,在自夜间电网负荷低谷起始时间段 N_1 至夜间电网负荷低谷结束时间段 N_m 包括的m个时段中,始终优先选择维护组的储能电池单元,直至其SOC大于第一阈值后列入放电组。

[0026] 进一步地,步骤S200中,当根据历史数据预计,自夜间电网负荷低谷起始时间段 N_1 至夜间电网负荷低谷结束时间段 N_m 包括的m个时段中,为消除负荷低谷需要从所述交流配电网吸收的电量远大于所述储能系统能够从所述交流配电网吸收的电量 Z_{char_G} ,即, $\sum_{i=1}^m Q_i \gg Z_{char_G}$,时,将全部充电组的储能电池单元用于充电,并且使每个储能电池单元的充电时段历经夜间电网负荷低谷时期的谷底时刻 t_0 。

[0027] 进一步地,步骤S200中,在夜间电网低谷时期的起始时间段 N_1 到来时,检测所述储能系统中的每个储能电池单元的SOC并计算该储能电池单元在其最适电流充电条件下充电至SOC大于第一阈值的时长 ΔT ;

[0028] 当 ΔT 大于等于夜间电网负荷低谷的总时长 $\sum_{i=1}^m \Delta t_i$ 时,从进入夜间电网负荷低谷的起始时间段 N_1 至结束时段 N_m 对该储能电池单元充电;

[0029] 当 ΔT 小于夜间电网负荷低谷的总时长 $\sum_{i=1}^m \Delta t_i$ 时,从 $t_0 - \Delta T/2$ 时刻至 $t_0 + \Delta T/2$ 时刻对该储能电池单元充电。

[0030] 有益技术效果:

[0031] 1. 在储能电池的能量流动控制中,储能系统采用能够配置在电动汽车上的退役电池和光伏发电相结合实现光伏系统发电的极大化利用率。实现了光伏储能一体化的电动汽车充电站与交流配电网之间的双向能量传递,从而达到对电网负荷削峰填谷的目的。在交流配电网发生故障时,光伏储能一体的电动汽车充电站可以将储能系统中的电能通过PCS控制系统全部输送到交流配电网中供应用户用电需求,总体提高电网的经济效益。

[0032] 2. 本发明将储能电池单元划分为充电组、放电组,使得处于充电状态的电池单元优先充满,处于放电状态的电池单元优先放空,既提高了储能电池的利用率,同时起到了延长电池使用寿命的良好作用。

[0033] 3. 若从交流配电网吸收的电量远大于储能系统能够从交流配电网吸收的电量 Z_{char_G} , 即, $\sum_{i=1}^m Q_i \gg Z_{char_G}$, 时, 将全部充电组的储能电池单元用于充电, 并且使每个储能电池单元的充电时段历经夜间电网负荷低谷时期的谷底时刻 t_0 , 该方案考虑到在吸纳能力有限的情况下, 将全部充电组的储能电池用于夜间电网负荷包含谷底时刻的低谷时期, 实现精准高效地电网负荷削峰填谷, 总体提高电网的经济效益。

[0034] 4. 本发明涉及的实现步骤操作简单、使用方便、功能完善, 不仅能够提高工作的效率, 而且使用非常便利, 非常适合于推广使用。

具体实施方式

[0035] 本发明提出了以低负荷时刻优先充电、高负荷时刻优先放电为原则的一种光伏电站能量调度管理方法, 将电动汽车退役电池做为储能电池并将其与光伏发电相结合, 一方面实现光伏系统发电的极大化利用率, 一方面使得储能电池有效精确地分担交流配电网峰谷压力, 在充分利用光伏发电的同时, 可以实现光伏充电站与交流配电网之间的双向能量传递, 从而达到对电网负荷削峰填谷的目的。

[0036] 一种光伏电站能量调度管理方法, 包括:

[0037] 步骤S100, 提供光伏电站能量调度管理系统, 该光伏电站能量调度管理系统包括: 光伏发电系统、储能系统、交流配电网以及用于控制储能系统与交流配电网之间能量流动的PCS控制系统, 还包括调度管理系统和监控系统;

[0038] 监控系统与光伏发电系统、储能系统和交流配电网连接, 用于监测光伏发电系统的状况、储能系统的状况和交流配电网的负荷;

[0039] 调度管理系统与监控系统和PCS控制系统分别通讯连接, 用于根据从监控系统获取的信息生成指令信号;

[0040] 光伏发电系统连接储能系统; 储能系统连接PCS控制系统, 并通过PCS控制系统连接交流配电网; PCS控制系统连接调度管理系统并接收调度管理系统的指令信号, 并且根据指令信号控制储能系统与交流配电网之间能量流动; 其指令信号由调度能量管理系统得到。

[0041] 所需采集信息包含天气预报信息、电网负荷数据、故障信号。采集天气预报信息, 并将天气预报信息通讯接口接入数据网。采集电网前3天的负荷数据, 并将负荷数据通讯接口接入数据网。采集10kv母线电压、光伏并网点电压和光伏发电功率波动值故障信息, 并将通讯接口接入数据网。调度管理系统接收天气预报信息、电网负荷数据信息和监控系统发送的故障信号; 将调度指令传送给PCS控制系统。光伏充电站能量调度管理方法包含常规度和紧急调度控制。

[0042] 常规调度: 若调度管理系统未接收到故障信号, 则充电站进入常规调度状态, 即监控系统首先将构成储能系统的储能电池单体的SOC上传至调度管理系统数据网, 所述调度管理系统结合天气预报信息将一天分为N个时间段进行光伏发电功率预测, 并结合负荷数据对一天N个时间段的负荷进行预测, 最后计算得出一天N个时间段的储能电池充放电功

率;每经历一个时间段便将储能电池的充放电功率值以指令信号形式传送给所述PCS控制系统;

[0043] 紧急调度控制:若调度管理系统接收到故障信号,则充电站进入紧急调度控制状态,监控系统将储能电池单体的SOC上传到调度管理系统数据网,所述调度管理系统给出故障发生时刻到下一个常规调度时刻点期间的储能电池单体向电网充电或放电的功率值并将其以指令信号形式传送给所述PCS控制系统;

[0044] 若调度管理系统检测到故障信号消失,则重新接收天气预报信息和负荷数据,充电站重新进入常规调度状态。

[0045] 调度管理系统根据10kv母线电压、光伏并网点电压和光伏发电功率波动值等监控系统是否发出故障信号,决定调度管理系统进入常规调度还是紧急调度控制。若没有发出故障信号,则此刻进入常规调度,向PCS发出常规调度指令信号;若发出故障信号,则此刻进入紧急调度控制,向PCS发出紧急调度控制指令信号。紧急调度控制中,在临近故障时刻的下一个常规调度时刻点若故障信号未消失,则接着进行紧急调度控制;若故障信号消失则获取新的天气预报信息和负荷数据信息重新进入常规调度。

[0046] 步骤S200,调度管理系统根据天气预报的数据预测光伏发电系统的发电量,并根据预测的光伏发电系统的发电量向PCS控制系统发出指令信号在交流配电网的夜间电网负荷低谷期间用储能系统从交流配电网吸收电能。PCS控制系统通过接收的指令信号控制储能系统中储能电池单元与交流配电网的双向能量传递。本发明涉及的PCS控制系统包括储能变流器,可控制蓄电池的充电和放电过程,进行交直流的变换,在无电网情况下可以直接为交流负荷供电。PCS由DC/AC双向变流器、控制单元等构成。PCS控制器通过通讯接收后台控制指令,根据功率指令的符号及大小控制变流器对电池进行充电或放电,实现对电网有功功率及无功功率的调节。PCS控制器可以通过CAN接口与BMS通讯,获取电池组状态信息,可实现对电池的保护性充放电,确保电池运行安全。本发明另一实施方式,采用回归分析法建立数学模型,进而预测光伏发电系统中的各种指标。

[0047] 电网负荷低谷期间与电网负荷高峰期间是根据不同电站的发电能力及运行模式灵活设置的,通常由光伏充电站所服务的电网系统的运行管理方提供具体数据,包括但不限于根据历史数据预测的电网负荷低谷期间与电网负荷高峰期间起止时间,以及电网负荷低谷期间的各个时间段的需要从电网吸收的最大电量等数据;并且任选地包括时事测定的电网负荷低谷期间与电网负荷高峰期间起止时间,以及电网负荷低谷期间的各个时间段的需要从电网吸收的最大电量等数据。

[0048] 回归分析就是根据实验数据或历史数据,研究变量之间的相关关系,建立起一个数学模型,进而将此模型用于预测或控制。在回归分析中,如果有两个或两个以上的自变量,就称为多元回归。事实上,一种现象常常是与多个因素相联系的,由多个自变量的最优组合共同来预测或估计因变量,比只用一个自变量进行预测或估计更有效,更符合实际。在光伏发电系统中,其辐射量和温度对电池出力的影响最大,为了保证回归模型具有优良的解释能力和预测效果,本实施方式围绕辐射量和温度这两个因素建立了光伏发电系统的多元线性回归模型。

[0049]
$$P=N_1x_1+N_2x_2+N_3x_3+N_4x_4+N_5x_5+N_6x_6 \quad (1)$$

[0050] 其中,P为发电功率, $N_1 \sim N_6$ 为常数, $x_1 \sim x_6$ 是关于温度和辐射强度的六个未知数。

[0051] 指数平滑法 (Exponential Smoothing, ES) 是布朗 (Robert.G.Brown) 所提出, 布朗认为时间序列的态势具有稳定性或规则性, 所以时间序列可被合理地顺势推延; 他认为最近的过去态势, 在某种程度上会是持续的未来, 所以将较大的权数放在最近的资料。指数平滑法通过计算指数平滑值, 配合一定的时间序列预测模型对现象的未来进行预测。其原理是任一期的指数平滑值都是本期实际观察值与前一期指数平滑值的加权平均。本发明中采用指数平滑法对用电负荷进行预测, 它的基本思想是先对原始数据进行处理, 然后再根据处理后的数据 (即平滑值) 经过计算构成预测模型, 用于测取未来预测值。广泛应用于电力方面的负荷预测, 它利用全期平均与移动平均的各自优点, 并不舍弃掉过时的数据, 仅仅只是慢慢减弱它们未来的影响程度, 通过加权系数的调整来实现, 经过“加权修均”, 最近的搜集数据对未来 (预测) 值得会有较大影响, 最早的古老数据影响会很小。公式如下:

$$[0052] \quad L = L_Y a + L_{Y1} a (1-a) + L_{Y2} a (1-a)^2 \quad (2)$$

[0053] 其中, L 为预测负荷数据, L_Y 为昨天的负荷数据, L_{Y1} 为前天的负荷数据, L_{Y2} 为大前天的负荷数据, a 为平滑系数。

[0054] 在另一种实施方式中, 提供低谷时期的充电模型。

[0055] 夜间低谷时期充电目的: 一、所充电量要使储能电池留有足够的剩余容量去吸纳白天第 1 个高峰时刻到来之前光伏系统所发电量, 极大化利用光伏发电; 二、所充电量和光伏所发电量要尽量使储能电池满电, 尽可能多的为白天高峰时期提供电能。充电模型首先要确定低谷时期的充电电量、充电时间和充电功率。充电电量由调度开始时刻的电池的 SOC 和光伏发电电量决定。

$$[0056] \quad Z_{char_G} = A(1 - soc) - \sum_{i=0}^{T_1} P_i \Delta t \quad (3)$$

[0057] 式中, Z_{char_G} 为夜间低谷时期储能电池向电网吸收的电量; A 为储能电池的容量; soc 为零点时刻电池的荷电状态; P_i 为 i 时刻光伏发电的发电功率; Δt 为单位时间 15min; T_1 为第一个高峰时刻值。

[0058] 由于夜间光照强度几乎为 0, 光伏发电功率为 0。所以, 夜间储能电池的充电功率即为电网向储能电池的充电功率。低谷时期充电时间和充电功率以低负荷时刻优先充电为原则确定。

[0059] (1) 作出负荷曲线;

[0060] (2) 将负荷 (0, T_1) 时间段内的负荷值从小到大排序, 时刻值按相应顺序排序;

[0061] 将电网向储能电池充电安排在负荷低谷时刻, 以最大充电功率充电, 为尽可能的保持电网负荷曲线的平滑性, 在储能电池即将填满时, 在接下来持续充电的时刻电网分别以 $3 \setminus 4P_{max}$ 、 $2 \setminus 4P_{max}$ 和 $1 \setminus 4P_{max}$ (P_{max} 为储能电池的最大充电功率) 的充电功率为储能电池充电。

[0062] 本发明中高峰时期的放电模型:

[0063] 高峰期向电网放电目的: 一、消纳白天光伏系统所发电量; 二、选择高峰时刻优先放电达到削峰的目的。放电模型首先要确定白天高峰期所发电量、放电时间和放电功率。白天高峰时刻储能电池既能消纳光伏所发电量又能向电网放电。放电电量由光伏所发电量和夜间低谷时期所充电量决定。

$$[0064] \quad Z_{dischar_G} = A + \sum_{i=T_1}^{95} P_i \Delta t \quad (4)$$

[0065] 式中, $Z_{\text{dischar_G}}$ 为白天高峰期放电电量; A 为储能电池的容量; soc 为零点时刻电池的荷电状态; P_i 为 i 时刻光伏发电的发电功率; Δt 为单位时间 15min ; T_i 为第一个高峰时刻值。

[0066] 高峰时期储能电池向电网放电时间和放电功率以高负荷时刻优先放电为原则确定。

[0067] (1) 作出负荷曲线;

[0068] (2) 将负荷 (0,95) 时间段内的负荷值从大到小排序, 时刻值按相应顺序排序;

[0069] 将储能电池向电网放电安排在负荷高峰时刻, 以最大放电功率放电, 为尽可能的保持电网负荷曲线的平滑性, 在储能电池即将放电结束时, 在接下来持续放电的时刻电网分别以 $3 \setminus 4P_{\text{dismax}}$ 、 $2 \setminus 4P_{\text{dismax}}$ 和 $1 \setminus 4P_{\text{dismax}}$ (P_{dismax} 为储能电池的最大放电功率) 的放电功率向电网放电。

[0070] 本发明另一种实施方式, 调度管理系统结合天气预报信息将一天分为 N 个时间段进行光伏发电功率预测, 其中, N_1 是夜间电网负荷低谷起始时间段, N_n 是白天电网进入高峰起始时段, 夜间电网负荷低谷于第 N_m 时段结束, 自夜间电网负荷低谷起始时间段 N_1 至白天电网负荷高峰起始时段 N_n 包括 n 个时段;

[0071] 储能系统在夜间电网负荷低谷时期的 $N_1 \sim N_m$ 时段中以优先充电为原则, 充电模型如下:

$$[0072] \quad Z_{\text{char_G}} = A(1 - \text{SOC}) - \sum_{i=1}^{n-1} P_i \Delta t_i \quad (\text{式 } 1)$$

[0073] 上式中, $Z_{\text{char_G}}$ 为夜间电网负荷低谷期间储能系统能够从交流配电网吸收的电量; A 为储能电池的容量; SOC 为 N_1 时间段开始时储能系统的剩余电量; P_i 为第 i 个时间段光伏发电的发电功率; Δt_i 为第 i 个时间段的时长。

[0074] 进一步地, 步骤 S200 中, 自夜间电网负荷低谷起始时间段 N_1 至夜间电网负荷低谷结束时间段 N_m 包括 m 个时段, 在进入 m 个时段中的第 i 个时间段 N_i 时, $i = 1 \sim m$, 检测储能系统中的每个储能电池单元, 将最近充放电状态为充电状态的储能电池单元列入充电组, 将最近充放电状态为放电状态的储能电池单元列入放电组, 将充电组的全部 x 个储能电池单元根据各自剩余电量 SOC 由大到小排序。本发明涉及的 SOC 全称是 State of Charge, 荷电状态, 也叫剩余电量, 代表的是电池使用一段时间或长期搁置不用后的剩余容量与其完全充电状态的容量的比值, 常用百分数表示。其取值范围为 $0 \sim 1$, 当 $\text{SOC} = 0$ 时表示电池放电完全, 当 $\text{SOC} = 1$ 时表示电池完全充满。

[0075] 检测所述储能系统中的每个储能电池单元的剩余电量 SOC , 将充电组中的 SOC 值大于第一阈值的储能电池单元列入放电组, 将放电组中的 SOC 值小于第二阈值的储能电池单元列入充电组。由于不同规格型号的储能电池单元的最适充电电流有所不同, 进而充电电压和充电时长也不尽相同, 电池的快速充电往往会导致电池升压比较快, 这个过程类似倒啤酒, 倒的慢就会倒的比较多, 倒的越快, 杯子上面的虚泡就会越多, 快速充电充进去的电压就像虚泡泡, 电压值虽有提高, 但是电池容量却很少。例如磷酸铁锂电池充电截止电压通常为 3.65V 左右, 若在 0.5 摄氏度以下充电基本上电池电压升到截止电压时即是 SOC 接近达到 100% 状态, 而 3 摄氏度以上通常充电至 SOC 接近达到 80% 左右的电池电压就已达到了 3.65V , 保护系统就会自动截止充电。因此第一阈值的设定标准需要参考储能系统中的每个

储能电池单元的特性,。放电过程也是如此。例如设置为第一阈值SOC=0.8,第二阈值SOC=0.15。

[0076] 根据历史数据预计出储能系统在第i个时间段为消除负荷低谷需要从交流配电网吸收的电量 Q_i ;从充电组的x个储能电池单元中依据SOC值由大到小选出a个储能电池单元,使得 $\sum_{j=1}^{a-1} q_j < Q_i \leq \sum_{j=1}^a q_j$,其中 q_j 为第j个储能电池单元在其最适充电电流条件下在第i个时段的时长中所能吸收的电量;

[0077] 将从充电组选出的a个储能电池单元分别连接到PCS控制器,并在各自的最适充电电流条件下充电。

[0078] 进一步地,步骤S200中,检测所述储能系统中的每个储能电池单元的剩余电量SOC,将充电组中的SOC值大于第一阈值的储能电池单元列入放电组,将放电组中的SOC值小于第二阈值的储能电池单元列入充电组。

[0079] 进一步地,步骤S200中,若充电组中全部x个储能电池单元不足以在第i个时间段内吸收电量 Q_i ,则将放电组的y个储能电池单元根据剩余电量SOC由小到大排序,然后从放电组的y个储能电池单元中依据SOC值由小到大原则选出b个储能电池单元,使得 $\sum_{j=1}^x q_j + \sum_{k=1}^{b-1} q_k < Q_i \leq \sum_{j=1}^x q_j + \sum_{k=1}^b q_k$,其中 q_k 为从放电组选出的b个储能电池单元中第k个储能电池单元在其最适充电电流条件下在第i个时段的时长中所能吸收的电量;

[0080] 将充电组的x个储能电池单元和从放电组选出的b个储能电池单元分别连接到PCS控制器,并且在各自的最适充电电流条件下充电。

[0081] 进一步地,步骤S200中,检测所述储能系统中的每个储能电池单元的充放电历史,将充电组中超过h天未曾充电的z个储能电池单元列入维护组,

[0082] 当 $\sum_{l=1}^z q_l \geq Q_i$ 时,优先从维护组中选择c个储能电池单元,使得: $\sum_{l=1}^{c-1} q_l < Q_i \leq \sum_{l=1}^c q_l$,然后将维护组的c个储能电池单元分别连接到PCS控制器,并且在各自的最适充电电流条件下充电;

[0083] 当 $\sum_{l=1}^z q_l < Q_i$ 时,优先选择维护组中的z个储能电池单元并从充电组中选择a个储能电池单元,使得: $\sum_{l=1}^z q_l + \sum_{j=1}^{a-1} q_j < Q_i \leq \sum_{l=1}^z q_l + \sum_{j=1}^a q_j$,然后将维护组的z个储能电池单元和从充电组选出的a个储能电池单元分别连接到PCS控制器,并且在各自的最适充电电流条件下充电;

[0084] 其中 q_l 为维护组中第l个储能电池单元在其最适充电电流条件下在第i个时段的时长中所能吸收的电量。

[0085] 进一步地,步骤S200中,在自夜间电网负荷低谷起始时间段 N_1 至夜间电网负荷低谷结束时间段 N_m 包括m个时段中,始终优先选择维护组的储能电池单元,直至其SOC大于第一阈值后列入放电组。

[0086] 进一步地,步骤S200中,当根据历史数据预计,自夜间电网负荷低谷起始时间段 N_1 至夜间电网负荷低谷结束时间段 N_m 包括m个时段中,为消除负荷低谷需要从所述交流配电网吸收的电量远大于所述储能系统能够从所述交流配电网吸收的电量 Z_{char_G} ,即,

$\sum_{i=1}^m Q_i \gg Z_{char_G}$ 时,将全部充电组的储能电池单元用于充电,并且使每个储能电池单元的充电时段历经夜间电网负荷低谷时期的谷底时刻 t_0 。

[0087] 进一步地,步骤S200中,在夜间电网低谷时期的起始时间段 N_1 到来时,检测所述储能系统中的每个储能电池单元的SOC并计算该储能电池单元在其最适电流充电条件下充电至SOC大于第一阈值的时长 ΔT ;

[0088] 当 ΔT 大于等于夜间电网负荷低谷的总时长 $\sum_{i=1}^m \Delta t_i$ 时,从进入夜间电网负荷低谷的起始时间段 N_1 至结束时段 N_m 对该储能电池单元充电;

[0089] 当 ΔT 小于夜间电网负荷低谷的总时长 $\sum_{i=1}^m \Delta t_i$ 时,从 $t_0 - \Delta T/2$ 时刻至 $t_0 + \Delta T/2$ 时刻对该储能电池单元充电。

[0090] 由上述内容可知,本发明中能量流动包括:光伏发电直接向储能电池充电、电网向储能电池充电、储能电池向电网放电。在负荷低谷时期,电能由交流配电网流向充电站的储能系统;在负荷高峰时期,电能由充电站的储能系统流向交流配电网。储能系统与交流配电网的双向电能流动参与电力系统的削峰填谷,提高了供电企业的经济效益。

[0091] 本发明另一种实施方式,该光伏充电站能量调度管理方法包含常规调度和紧急调度控制。常规调度指令信号性质为一天96个时刻点的储能电池的充放电功率值。紧急调度控制指令信号性质为发生故障时刻到下一个常规调度时刻点期间的储能电池的充放电功率值。紧急调度控制在电网发生故障时,将储能系统中储备的电能输送至交流配电网满足其他用户的用电需求。常规调度指令信号性质为一天96个时刻点的储能电池的充放电功率值。紧急调度控制指令信号性质为发生故障时刻到下一个常规调度时刻点期间的储能电池的充放电功率值。紧急调度控制在电网发生故障时,将储能系统中储备的电能输送至交流配电网满足其他用户的用电需求。在紧急调度控制结束后,调度管理系统重新获取天气预报信息、电网负荷数据信息和监控系统发送的故障信号进行常规调度,调度时长为紧急调度控制结束到这一天的结束时刻。

[0092] 本发明又一种实施方式,当检测到储能系统完全吸纳 Q_i 后,PCS控制器将充电组中所有SOC值大于第一阈值的储能电池单元列入放电组。

[0093] 若充电组中 a 个储能电池单元不足以在夜间电网负荷低谷时期的第 i 个时间段内完全吸纳 Q_i ,则PCS控制器将选中全部充电组中的 x 个储能电池单元,同时从放电组 y 个储能电池单元中依据SOC值由小到大原则选出一个或两个或更多个处于放电状态的储能电池单元,使其在第 i 个时间段内以各自最适电流充电。

[0094] 储能系统完全吸纳 Q_i 之前预先计算出第 $i+1$ 个时间段储能系统待吸纳的交流配电网能量 Q_{i+1} ,且通过处于充电状态的储能电池单体的SOC计算得出交流配电网进入波谷后第 $i+1$ 个时间段储能系统若完全吸纳 Q_{i+1} 所需的储能电池单体个数 a' ,依据SOC由大到小选出 a' 个处于充电状态的储能电池单体并分别连接PCS控制器,PCS控制器依据接收调度系统发出的调度指令控制每个被选中的储能电池单体在第 $i+1$ 个时间段内以各自最适电压或最适电流充电,直至储能系统在第 $i+1$ 个时间段内完全吸纳 Q_{i+1} 。

[0095] 若检测到 $N_1 \sim N_m$ 时段充电组中存在有超过 h 天未曾充电的储能电池单元,则于将其优先连接至PCS控制器,与其他被选中的储能电池单体在夜间电网负荷低谷时期同步充电,

直至该储能电池单元的SOC大于第一阈值,PCS控制器将其列入维护组。

[0096] 若检测到 $N_1 \sim N_m$ 时段充电组中存在有超过 h 天未曾充电的储能电池单元 g 个,则于将其立即连接至PCS控制器充电,直至每个储能电池单元的SOC大于第一阈值,PCS控制器将其列入维护组,设 $N_1 \sim N_m$ 时段 g 个储能电池单元共吸纳的电量为 Q_g ,则夜间电网负荷低谷时期储能系统中的储能电池从电网吸收的电量为 $Z'_{char_G} = Z_{char_G} - Q_g$ 。

[0097] 以上所述,仅为本发明的较佳实施例,不能以此限定本发明实施范围;凡依本发明申请专利范围及创作说明书内容所作的简单的等效变化与修饰,皆应仍属本发明专利涵盖的范围内。