



(21) 申请号 202411786520.X

(22) 申请日 2024.12.06

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 119401444 A

(43) 申请公布日 2025.02.07

(73) 专利权人 国网上海市电力公司

地址 200122 上海市浦东新区源深路1122号

(72) 发明人 窦真兰 张春雁 陈洪银 李大树

周敏 郭睿 陈赞 傅超然

袁一鸣 谢邦鹏

(74) 专利代理机构 北京智绘未来专利代理事务所(普通合伙) 11689

专利代理师 张浩

(51) Int.Cl.

H02J 3/00 (2006.01)

H02J 3/38 (2006.01)

G06Q 10/0631 (2023.01)

G06Q 50/06 (2024.01)

G06F 18/213 (2023.01)

G06N 3/0464 (2023.01)

G06N 3/08 (2023.01)

(56) 对比文件

CN 117937437 A, 2024.04.26

RU 2725023 C1, 2020.06.29

审查员 郭桢

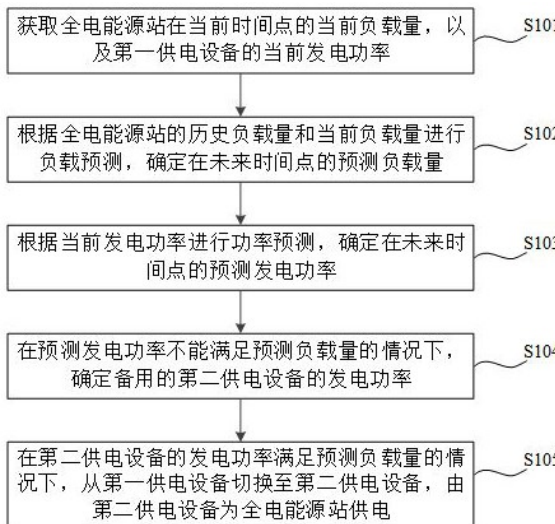
权利要求书3页 说明书18页 附图8页

(54) 发明名称

全电能源站的供电切换方法、装置、设备及存储介质

(57) 摘要

本发明属于综合能源技术领域,公开了全电能源站的供电切换方法、装置、设备及存储介质,该方法包括:获取全电能源站在当前时间点的当前负载量和第一供电设备的当前发电功率;根据全电能源站的历史负载量和当前负载量进行负载预测,确定在未来时间点的预测负载量;根据当前发电功率进行功率预测,确定在未来时间点的预测发电功率;当预测发电功率不能满足预测负载量时,确定第二供电设备的发电功率;当第二供电设备的发电功率满足预测负载量时,从第一供电设备切换至第二供电设备。本发明可以提前确定是否需要切换供电设备,在切换之前有足够的时间进一步确定备用的第二供电设备是否适合供电,切换操作简单,能够保证全电能源站稳定工作。



1. 一种全电能源站的供电切换方法,其特征在于,所述方法包括以下步骤:

获取全电能源站历史负载量、在当前时间点的当前负载量,以及第一供电设备的当前发电功率;所述第一供电设备是当前为所述全电能源站供电的设备;

根据所述全电能源站的历史负载量和所述当前负载量进行负载预测,确定在未来时间点的预测负载量,包括:确定所述全电能源站的负载变化周期,以所述负载变化周期为单位,根据所述全电能源站的历史负载量和所述当前负载量生成多个负载量序列,所述负载量序列包括多个按照时间排序的负载量,为每个所述负载量序列设置权重系数,所有所述权重系数之和为1,根据所述权重系数对所述多个负载量序列进行加权处理,生成所述负载变化周期的有效负载量序列,将所述有效负载量序列输入至预训练的负载预测模型,根据所述负载预测模型的预测结果确定在未来时间点的预测负载量;所述有效负载量序列中的第*i*个负载量以如下公式(1)表示:

$$x_i = \sum_{k=1}^s w_k \times l_{i,k} \quad (1)$$

式中:

x_i 为有效负载量序列中的第*i*个负载量,

$l_{i,k}$ 为第*k*个负载量序列中的第*i*个负载量, $i = 1, 2, \dots, n$,*n*为负载量序列包含负载量的数量;

w_k 为第*k*个负载量序列的权重系数, $k = 1, 2, \dots, s$,以如下公式(2)表示:

$$w_k = \frac{2(s-1)k + s + 1}{s^2(s+1)} \quad (2)$$

式中:

*s*为负载量序列的数量;

根据所述当前发电功率进行功率预测,确定第一供电设备的在所述未来时间点的预测发电功率;

在所述预测发电功率不能满足所述预测负载量的情况下,确定备用的第二供电设备的发电功率;

在第二供电设备的发电功率满足所述预测负载量的情况下,从所述第一供电设备切换至所述第二供电设备,由所述第二供电设备为所述全电能源站供电。

2. 根据权利要求1所述的全电能源站的供电切换方法,其特征在于:

所述负载预测模型用于对所述有效负载量序列进行迭代膨胀卷积处理,根据相应的迭代膨胀卷积处理结果确定在未来时间点的预测负载量。

3. 根据权利要求2所述的全电能源站的供电切换方法,其特征在于:

所述负载预测模型包括:嵌入映射层、输出层和多个依次设置的迭代膨胀卷积结构;所述迭代膨胀卷积结构包括多个依次设置的膨胀卷积层;

所述嵌入映射层用于对所述有效负载量序列进行嵌入映射处理,生成相应的负载特征向量序列;

所述迭代膨胀卷积结构用于对输入的特征向量序列进行迭代膨胀卷积处理,并输出迭

代膨胀卷积处理后的特征向量序列;输入至第一个迭代膨胀卷积结构的特征向量序列为所述负载特征向量序列;

所述输出层用于对输入的特征向量序列进行线性处理,生成所述有效负载量序列对应的预测结果;输入至所述输出层的特征向量序列为所述有效负载量序列和最后一个迭代膨胀卷积结构输出的特征向量序列的叠加;

其中,所述膨胀卷积层用于对输入的特征向量序列进行膨胀卷积处理,并输出膨胀卷积处理后的特征向量序列;并且,第*i*个膨胀卷积层输出的特征向量序列中第*j*个特征向量,是通过对输入至所述第*i*个膨胀卷积层的特征向量序列中,第*j*个特征向量、第*j-2ⁱ⁻¹*个特征向量、第*j-2ⁱ*个特征向量进行卷积处理而得到的,且第*i*个膨胀卷积层输出的特征向量序列中第*j*个特征向量 $y(i,j)$ 以如下公式(3)表示:

$$y(i,j) = \text{Con}(i) \otimes [x(i,j), x(i, j-2^{i-1}), x(i, j-2^i)] \quad (3)$$

式中:

$\text{Con}(i)$ 表示第*i*个膨胀卷积层的卷积核,

$\otimes$ 表示卷积运算,

$x(i,j)$ 、 $x(i, j-2^{i-1})$ 、 $x(i, j-2^i)$ 分别表示输入至所述第*i*个膨胀卷积层的特征向量序列中,第*j*个特征向量、第*j-2ⁱ⁻¹*个特征向量、第*j-2ⁱ*个特征向量。

4. 根据权利要求1所述的全电能源站的供电切换方法,其特征在于:

在所述确定备用的第二供电设备的发电功率之后,还包括:

确定所述第二供电设备的发电功率对应的最大负载量,并将所述当前负载量和所述预测负载量中的较大值作为参考负载量;

判断所述最大负载量与所述参考负载量之间的差值是否大于预设阈值;在所述最大负载量与所述参考负载量之间的差值大于预设阈值的情况下,确定所述第二供电设备的发电功率满足所述预测负载量。

5. 根据权利要求4所述的全电能源站的供电切换方法,其特征在于:

设置所述预设阈值的过程,包括:

构建所述第二供电设备的发电功率对应的多个第一模糊集,并设置相应的第一隶属度函数;构建所述全电能源站的负载量对应的多个第二模糊集,并设置相应的第二隶属度函数;构建所述预设阈值对应的多个第三模糊集,并设置相应的第三隶属度函数;

确定所述第一模糊集、所述第二模糊集与相应的所述第三模糊集之间的对应关系,构建模糊控制规则;

根据所述第一模糊集的第一隶属度函数,确定所述第二供电设备的发电功率属于所述第一模糊集的第一隶属度,并将非零的第一隶属度所对应的第一模糊集作为第一有效模糊集;根据所述第二模糊集的第二隶属度函数,确定所述参考负载量属于所述第二模糊集的第二隶属度,并将非零的第二隶属度所对应的第二模糊集作为第二有效模糊集;

根据所述模糊控制规则确定所述多个第三模糊集中,与所述第一有效模糊集和所述第二有效模糊集之间具有对应关系的第三有效模糊集;

根据所述第一有效模糊集的第一隶属度和所述第二有效模糊集的第二隶属度,确定所述第三有效模糊集所对应的第三隶属度;所述第三有效模糊集所对应的第三隶属度,位于所述第一有效模糊集的第一隶属度和所述第二有效模糊集的第二隶属度之间;

将所述第三有效模糊集的第三隶属度函数中,隶属度小于所述第三隶属度的区域作为有效区域,并将所有所述第三有效模糊集的有效区域进行叠加,形成叠加区域;

将所述叠加区域的重心所对应的阈值,作为所述预设阈值。

6.一种全电能源站的供电切换装置,运行如权利要求1至5任一项所述的全电能源站的供电切换方法,其特征在于,所述供电切换装置包括:

获取模块,用于获取全电能源站在当前时间点的当前负载量,以及第一供电设备的当前发电功率;所述第一供电设备是当前为所述全电能源站供电的设备;

预测模块,用于根据所述全电能源站的历史负载量和所述当前负载量进行负载预测,确定在未来时间点的预测负载量;根据所述当前发电功率进行功率预测,确定在所述未来时间点的预测发电功率;

预处理模块,用于在所述预测发电功率不能满足所述预测负载量的情况下,确定备用的第二供电设备的发电功率;

切换模块,用于在第二供电设备的发电功率满足所述预测负载量的情况下,从所述第一供电设备切换至所述第二供电设备,由所述第二供电设备为所述全电能源站供电。

7.一种计算机设备,其特征在于,包括:

存储器和处理器,所述存储器和所述处理器之间互相通信连接,所述存储器中存储有计算机指令,所述处理器通过执行所述计算机指令,从而执行权利要求1至5中任一项所述的全电能源站的供电切换方法。

8.一种计算机可读存储介质,其特征在于,所述计算机可读存储介质上存储有计算机指令,所述计算机指令用于使计算机执行权利要求1至5中任一项所述的全电能源站的供电切换方法。

全电能源站的供电切换方法、装置、设备及存储介质

技术领域

[0001] 本发明属于综合能源技术领域,具体涉及全电能源站的供电切换方法、装置、设备及存储介质。

背景技术

[0002] 全电能源站是一种集成了太阳能、风能等可再生资源的分布式供电能源站,利用光伏发电、风力发电等多种不同类型的发电方式,可以实现多能源供电,多种能源协同配合,提高了全电能源站的供电可靠性;并且,通过对多种能源进行精细化管理,可以实现能源的高效利用,可以实现低碳排放。

[0003] 由于光伏发电、风力发电等供电方式存在一定限制,需要基于实际情况进行供电切换。例如,在白天阳光充足时,切换至光伏发电模式;在风速较大时,切换至风力发电;或者,在夜间使用低谷电,实现削峰填谷。

[0004] 现有技术文件1(CN118674201A)提供了基于高密度建筑用能特性的全电能源站电网互动方法、装置,通过考虑目标区域内高密度建筑的所用建筑材料、建筑结构、分布密度,并结合内高密度建筑的历史用户居住情况、历史用电数据以及历史天气数据确定用户用电模型,来确定未来时间段内考虑温度控制的用电数据;基于所述未来时间段内考虑温度控制的用电数据,根据与目标区域内高密度建筑相关联的不同能源站的能源属性,向对应的电网发送未来时间段内的需求响应数据,以实现与电网进行互动,提高了电网的整体运行效率。由此可见,现有技术文件1关注了全电能源站电网互动,在此基础上,随着新能源渗透率不断提高,对全电能源站电网互动的技术方案电源切换方面提出了进一步挑战。

[0005] 现有技术文件2(CN118608187A)公开了一种特大城市新能源汽车能源站优化调控方法及系统,通过构建新能源汽车能源站的运营模式,考虑能量管理和价格制定的手段,进行特大城市新能源汽车能源站的优化调控,提高新能源汽车能源站的运营收益和需求侧资源的利用率,支撑特大城市电网的安全经济高效运行。由此可见,现有技术文件2关注了新能源汽车能源站能源供需平衡的问题,在此基础上,随着新能源汽车充电行为对能源站能源管理提出了更为严峻的挑战,各种能源设备出力预测、及时切换,与满足供电需求匹配的问题亟待解决。

发明内容

[0006] 本发明提供了一种全电能源站的供电切换方法、装置、设备及存储介质,以实现全电能源站中采用可再生能源的供电设备间的切换。

[0007] 第一方面,本发明提供了一种全电能源站的供电切换方法,包括:

[0008] 获取全电能源站历史负载量、在当前时间点的当前负载量,以及第一供电设备的当前发电功率;所述第一供电设备是当前为所述全电能源站供电的设备;

[0009] 根据所述全电能源站的历史负载量和所述当前负载量进行负载预测,确定在未来时间点的预测负载量,包括:确定所述全电能源站的负载变化周期,以所述负载变化周期为

单位,根据所述全电能源站的历史负载量和所述当前负载量生成多个负载量序列,所述负载量序列包括多个按照时间排序的负载量,为每个所述负载量序列设置权重系数,所有所述权重系数之和为1,根据所述权重系数对所述多个负载量序列进行加权处理,生成所述负载变化周期的有效负载量序列,将所述有效负载量序列输入至预训练的负载预测模型,根据所述负载预测模型的预测结果确定在未来时间点的预测负载量;

[0010] 根据所述当前发电功率进行功率预测,确定第一供电设备的在所述未来时间点的预测发电功率;

[0011] 在所述预测发电功率不能满足所述预测负载量的情况下,确定备用的第二供电设备的发电功率;

[0012] 在第二供电设备的发电功率满足所述预测负载量的情况下,从所述第一供电设备切换至所述第二供电设备,由所述第二供电设备为所述全电能源站供电。

[0013] 在一些可选的实施方式中,所述有效负载量序列中的第*i*个负载量以如下公式(1)表示:

$$[0014] \quad x_i = \sum_{k=1}^s w_k \times l_{i,k} \quad (1)$$

[0015] 式中:

[0016] x_i 为有效负载量序列中的第*i*个负载量,

[0017] $l_{i,k}$ 为第*k*个负载量序列中的第*i*个负载量, $i = 1, 2, \dots, n$, n 为负载量序列包含负载量的数量;

[0018] w_k 为第*k*个负载量序列的权重系数, $k = 1, 2, \dots, s$, 以如下公式(2)表示:

$$[0019] \quad w_k = \frac{2(s-1)k + s + 1}{s^2(s+1)} \quad (2)$$

[0020] 式中:

[0021] s 为负载量序列的数量。

[0022] 在一些可选的实施方式中,所述负载预测模型用于对所述有效负载量序列进行迭代膨胀卷积处理,根据相应的迭代膨胀卷积处理结果确定在未来时间点的预测负载量。

[0023] 在一些可选的实施方式中,所述负载预测模型包括:嵌入映射层、输出层和多个依次设置的迭代膨胀卷积结构;所述迭代膨胀卷积结构包括多个依次设置的膨胀卷积层;

[0024] 所述嵌入映射层用于对所述有效负载量序列进行嵌入映射处理,生成相应的负载特征向量序列;

[0025] 所述迭代膨胀卷积结构用于对输入的特征向量序列进行迭代膨胀卷积处理,并输出迭代膨胀卷积处理后的特征向量序列;输入至第一个迭代膨胀卷积结构的特征向量序列为所述负载特征向量序列;

[0026] 所述输出层用于对输入的特征向量序列进行线性处理,生成所述有效负载量序列对应的预测结果;输入至所述输出层的特征向量序列为所述有效负载量序列和最后一个迭代膨胀卷积结构输出的特征向量序列的叠加;

[0027] 其中,所述膨胀卷积层用于对输入的特征向量序列进行膨胀卷积处理,并输出膨胀卷积处理后的特征向量序列;并且,第*i*个膨胀卷积层输出的特征向量序列中第*j*个特征向量,是通过对输入至所述第*i*个膨胀卷积层的特征向量序列中,第*j*个特征向量、第 $j - 2^{i-1}$ 个特征向量、第 $j - 2^i$ 个特征向量进行卷积处理而得到的,且第*i*个膨胀卷积层输出的特征向量序列中第*j*个特征向量 $y(i, j)$ 以如下公式 (3) 表示:

$$[0028] \quad y(i, j) = \text{Con}(i) \otimes [x(i, j), x(i, j - 2^{i-1}), x(i, j - 2^i)] \quad (3)$$

[0029] 式中:

[0030] $\text{Con}(i)$ 表示第*i*个膨胀卷积层的卷积核,

[0031] $\otimes$ 表示卷积运算,

[0032] $x(i, j)$ 、 $x(i, j - 2^{i-1})$ 、 $x(i, j - 2^i)$ 分别表示输入至所述第*i*个膨胀卷积层的特征向量序列中,第*j*个特征向量、第 $j - 2^{i-1}$ 个特征向量、第 $j - 2^i$ 个特征向量。

[0033] 在一些可选的实施方式中,在所述确定备用的第二供电设备的发电功率之后,还包括:

[0034] 确定所述第二供电设备的发电功率对应的最大负载量,并将所述当前负载量和所述预测负载量中的较大值作为参考负载量;

[0035] 判断所述最大负载量与所述参考负载量之间的差值是否大于预设阈值;在所述最大负载量与所述参考负载量之间的差值大于预设阈值的情况下,确定所述第二供电设备的发电功率满足所述预测负载量。

[0036] 在一些可选的实施方式中,设置所述预设阈值的过程,包括:

[0037] 构建所述第二供电设备的发电功率对应的多个第一模糊集,并设置相应的第一隶属度函数;构建所述全电能源站的负载量对应的多个第二模糊集,并设置相应的第二隶属度函数;构建所述预设阈值对应的多个第三模糊集,并设置相应的第三隶属度函数;

[0038] 确定所述第一模糊集、所述第二模糊集与相应的所述第三模糊集之间的对应关系,构建模糊控制规则;

[0039] 根据所述第一模糊集的第一隶属度函数,确定所述第二供电设备的发电功率属于所述第一模糊集的第一隶属度,并将非零的第一隶属度所对应的第一模糊集作为第一有效模糊集;根据所述第二模糊集的第二隶属度函数,确定所述参考负载量属于所述第二模糊集的第二隶属度,并将非零的第二隶属度所对应的第二模糊集作为第二有效模糊集;

[0040] 根据所述模糊控制规则确定所述多个第三模糊集中,与所述第一有效模糊集和所述第二有效模糊集之间具有对应关系的第三有效模糊集;

[0041] 根据所述第一有效模糊集的第一隶属度和所述第二有效模糊集的第二隶属度,确定所述第三有效模糊集所对应的第三隶属度;所述第三有效模糊集所对应的第三隶属度,位于所述第一有效模糊集的第一隶属度和所述第二有效模糊集的第二隶属度之间;

[0042] 将所述第三有效模糊集的第三隶属度函数中,隶属度小于所述第三隶属度的区域

作为有效区域,并将所有所述第三有效模糊集的有效区域进行叠加,形成叠加区域;

[0043] 将所述叠加区域的重心所对应的阈值,作为所述预设阈值。

[0044] 第二方面,本发明提供了一种全电能源站的供电切换装置,包括:

[0045] 获取模块,用于获取全电能源站在当前时间点的当前负载量,以及第一供电设备的当前发电功率;所述第一供电设备是当前为所述全电能源站供电的设备;

[0046] 预测模块,用于根据所述全电能源站的历史负载量和所述当前负载量进行负载预测,确定在未来时间点的预测负载量;根据所述当前发电功率进行功率预测,确定在所述未来时间点的预测发电功率;

[0047] 预处理模块,用于在所述预测发电功率不能满足所述预测负载量的情况下,确定备用的第二供电设备的发电功率;

[0048] 切换模块,用于在第二供电设备的发电功率满足所述预测负载量的情况下,从所述第一供电设备切换至所述第二供电设备,由所述第二供电设备为所述全电能源站供电。

[0049] 第三方面,本发明提供了一种计算机设备,包括:存储器和处理器,存储器和处理器之间互相通信连接,存储器中存储有计算机指令,处理器通过执行计算机指令,从而执行上述第一方面或其对应的任一实施方式的全电能源站的供电切换方法。

[0050] 第四方面,本发明提供了一种计算机可读存储介质,该计算机可读存储介质上存储有计算机指令,计算机指令用于使计算机执行上述第一方面或其对应的任一实施方式的全电能源站的供电切换方法。

[0051] 本发明实施例通过对全电能源站的负载量以及当前使用的第一供电设备的发电功率进行预测,可以提前确定当前的第一供电设备是否可以继续供电,从而可以提前确定是否需要切换供电设备;并且,在切换之前有足够的时间进一步确定备用的第二供电设备是否适合供电,在第二供电设备可以供电时,进行切换。该方法可以实现两种可再生资源供电设备的直接切换,不需要经过其他切换动作,操作简单,也能够保证全电能源站稳定工作。

附图说明

[0052] 为了更清楚地说明本发明具体实施方式或相关技术中的技术方案,下面将对具体实施方式或相关技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图是本发明的一些实施方式,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0053] 图1是根据本发明实施例的全电能源站的供电切换方法的流程示意图;

[0054] 图2是根据本发明实施例的对全电能源站进行供电切换的一种示意图;

[0055] 图3是根据本发明实施例的另一全电能源站的供电切换方法的流程示意图;

[0056] 图4是根据本发明实施例的负载预测模型一种结构示意图;

[0057] 图5是根据本发明实施例的迭代膨胀卷积结构的一种示意图;

[0058] 图6是根据本发明实施例的为发电功率、负载量和阈值所设置的模糊集以及相应的隶属度函数;

[0059] 图7是根据本发明实施例的叠加区域的一种示意图;

[0060] 图8是根据本发明实施例的全电能源站的供电切换装置的结构框图;

[0061] 图9是本发明实施例的计算机设备的硬件结构示意图。

具体实施方式

[0062] 为使本发明实施例的目的、技术方案和优点更加清楚,下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0063] 全电能源站允许多种可再生能源供电,在一种可再生资源不再适合继续供电时,可以尝试切换至另一种可再生资源供电。但此时由于存在另一可再生资源也不适合供电的情况,会导致供电不稳定。目前,可以先从一种可再生资源切换至市电系统供电,之后,若判断另一种可再生资源能够供电,则再从市电系统切换至另一种可再生资源供电。这种切换方式复杂,需要经过多次切换,且还会影响电气器件的使用寿命,增加故障率。

[0064] 本发明实施例提供了一种全电能源站的供电切换方法,通过对全电能源站的负载量以及发电情况进行预测,可以提前确定当前的供电设备是否可以继续供电,并在切换之前有足够的时间确定另一供电设备是否适合供电,从而可以实现两种可再生资源供电设备的快速切换。

[0065] 图1是根据本发明实施例的全电能源站的供电切换方法的流程图,如图1所示,该方法流程包括以下步骤S101至步骤S105。

[0066] 步骤S101:获取全电能源站在当前时间点的当前负载量,以及第一供电设备的当前发电功率;该第一供电设备是当前为全电能源站供电的设备。

[0067] 本发明实施中,全电能源站在运行过程中,可以为多种负载供电,从而可以确定相应的负载量;并且,在当前时间点,可以确定该全电能源站的负载量,即当前负载量。例如,若全电能源站应用于某住宅建筑,则可以确定在当前时间点,该住宅建筑内当前所有正在用电的设备(例如灯、空调灯)的负载量之和,将该负载量之和作为当前负载量。

[0068] 并且,在当前时间点,可以由某供电设备为全电能源站供电,为便于描述,将该供电设备称为“第一供电设备”。由于本实施例主要涉及对采用可再生资源进行供电的设备切换,故该第一供电设备具体是使用可再生资源进行供电的供电设备,例如光伏发电设备、风力发电设备等。

[0069] 其中,也可以确定第一供电设备在当前时间点的发电功率,即当前发电功率。

[0070] 步骤S102:根据全电能源站的历史负载量和当前负载量进行负载预测,确定在未来时间点的预测负载量。

[0071] 由于全电能源站的负载量是动态变化的,当启动某些用电设备、或者停止为某用电设备供电时,均会导致负载量的变化。本发明实施例中,为能够对全电能源站进行负载预测,除了确定当前负载量之外,还需要获取全电能源站在之前时间点的历史负载量;例如,全电能源站可以记录每次采集到的负载量,存储该负载量以及相应的时间点,从而可以形成历史负载量;在后续进行负载预测时,从存储空间中直接读取相应的历史负载量即可。

[0072] 基于该全电能源站的历史负载量和当前负载量,可以确定全电能源站的负载变化情况,进而基于该负载变化情况可以对全电能源站的负载量进行预测,从而可以确定在未来时间点的负载量,即预测负载量。

[0073] 例如,可以预先构建用于进行负载预测的负载预测模型,基于该负载预测模型可以预测得到全电能源站在未来时间点的预测负载量。例如,该未来时间点可以是当前时间点之后一定时间(例如1分钟、5分钟等)的时间点。

[0074] 可以理解,为能够比较准确地预测负载量,需要多个历史时间点的历史负载量。

[0075] 步骤S103:根据当前发电功率进行功率预测,确定在未来时间点的预测发电功率。

[0076] 本发明实施例中,与负载预测类似,还可以基于当前发电功率进行功率预测。具体地,可以确定第一供电设备的发电规律,基于该发电规律即可实现发电功率预测。

[0077] 其中,与负载预测类似,可以确定第一供电设备在历史时间点的历史发电功率,结合历史发电功率和当前发电功率进行功率预测,从而确定在未来时间点的预测发电功率。或者,由于第一供电设备的发电功率可能受自然条件影响,例如,光伏发电设备受光照强度、太阳角等自然条件影响,故也可以基于自然条件的变换进行功率预测,从而确定在当前时间点至未来时间点之间的发电功率变化情况,结合该当前发电功率,即可确定未来时间点的预测发电功率。

[0078] 本实施例中,为保证预测负载量和预测发电功率具有可比性,二者是同一时间点的预测结果,即进行负载预测和发电功率预测时,对应同一未来预测点。

[0079] 步骤S104:在预测发电功率不能满足预测负载量的情况下,确定备用的第二供电设备的发电功率。

[0080] 本发明实施例中,若第一供电设备在未来时间点的预测发电功率较大,其一般可以满足预测负载量,即若继续使用第一供电设备进行供电,在未来仍然可以为相应的用电设备提供电能,不需要切换供电设备。相反地,若第一供电设备在未来时间点的预测发电功率较小,其可能不能满足预测负载量,第一供电设备不再适合继续供电,故此时需要切换供电设备。

[0081] 例如,预测发电功率是第一供电设备在未来时间点的发电功率,该预测发电功率对应可以支持的负载量,即若在未来时间点继续使用该第一供电设备进行供电,则第一供电设备能够对该负载量的用电设备进行供电。通过比对该负载量与上述的预测负载量,可以比较简单地确定预测发电功率能否满足预测负载量。例如,若预测负载量超过该预测发电功率对应的负载量,则可以确定预测发电功率不能满足预测负载量。

[0082] 其中,若预测发电功率不能满足预测负载量,则可以尝试切换至其他的供电设备,为便于描述,将该供电设备称为第二供电设备;可以理解,在当前时间点,该第二供电设备是备用的供电设备。并且,在执行切换操作之前,先确定第二供电设备的发电功率。

[0083] 其中,与第一供电设备类似,该第二供电设备也是使用可再生资源进行供电的供电设备,例如第一供电设备为光伏发电设备、第二供电设备为风力发电设备,或者,第一供电设备为风力发电设备、第二供电设备为光伏发电设备,本实施例对此不作限定。

[0084] 步骤S105:在第二供电设备的发电功率满足预测负载量的情况下,从第一供电设备切换至第二供电设备,由第二供电设备为全电能源站供电。

[0085] 本发明实施例中,若第二供电设备的发电功率满足预测负载量,则说明若以该第二供电设备进行供电,能够带动这些用电负载,故可以在未来时间点到达之前,提前改由该第二供电设备供电,即全电能源站使用的供电设备由第一供电设备切换至第二供电设备;在切换后,由第二供电设备为全电能源站供电,相应的第一供电设备转为全电能源站备用

的供电设备；例如，第一供电设备停止工作，或者向全电能源站的储能系统进行充电等，具体可基于实际情况而定。

[0086] 若该第二供电设备的发电功率也不满足预测负载量，且全电能源站存在其他的使用可再生资源进行供电的供电设备，例如氢能供电设备等，可以继续判断其他供电设备的发电功率满足该预测负载量，若满足，则切换至该其他供电设备进行供电；若所有的供电设备均布满足要求，则全电能源站可以切换至市电供电模式，由稳定的市电提供电能，保证全电能源站能够稳定运行。

[0087] 图2示出了对全电能源站进行供电切换的一种示意图。如图2所示，全电能源站包括光伏发电设备和风力发电设备，且全电能源站也可以接入市电。并且，当前以光伏发电设备对全电能源站的负载进行供电，即第一供电设备为光伏发电设备。图2中以黑色实线表示负载的供电回路。

[0088] 若经过预测，确定光伏发电设备供电能力下降，则可判断备用的风力发电设备是否满足负载量，即第二供电设备为风力发电设备；若风力发电设备供电能力满足需求，则确定可以进行切换，即切换至由风力发电设备供电，其供电回路参见图2左下角所示。相反地，若风力发电设备供电能力也不足，不可进行切换，而是转为由市电供电，此时的供电回路参见图2右下角所示。

[0089] 本发明实施例提供的全电能源站的供电切换方法，通过对全电能源站的负载量以及当前使用的第一供电设备的发电功率进行预测，可以提前确定当前的第一供电设备是否可以继续供电，从而可以提前确定是否需要切换供电设备；并且，在切换之前有足够的时间进一步确定备用的第二供电设备是否适合供电，在第二供电设备可以供电时，进行切换。该方法可以实现两种可再生资源供电设备的直接切换，不需要经过其他切换动作，操作简单，也能够保证全电能源站稳定工作。

[0090] 在本实施例中提供了一种全电能源站的供电切换方法，图3是根据本发明实施例的全电能源站的供电切换方法的流程图，如图3所示，该流程包括以下步骤。

[0091] 步骤S201：获取全电能源站在当前时间点的当前负载量，以及第一供电设备的当前发电功率；该第一供电设备是当前为全电能源站供电的设备。

[0092] 其中，可以详细参见图1所示实施例的步骤S101的相关描述，在此不再赘述。

[0093] 步骤S202：根据全电能源站的历史负载量和当前负载量进行负载预测，确定在未来时间点的预测负载量。

[0094] 具体地，上述步骤S202“根据全电能源站的历史负载量和当前负载量进行负载预测，确定在未来时间点的预测负载量”包括步骤S2021至步骤S2024。

[0095] 步骤S2021：确定全电能源站的负载变化周期。

[0096] 由于全电能源站的负载具有突变性，例如，在开启或关闭用电设备时，会导致全电能源站的负载量发生突变，从而影响对负载预测的准确性。此外，负载变化一般具有周期性，本发明实施例中，结合负载的周期性变化规律，对全电能源站进行负载预测，以降低因负载突变导致预测准确性较差的问题。

[0097] 具体地，可以基于全电能源站一段时间内的负载量，确定全电能源站的负载变化规律，从而确定相应的负载变化周期。例如，全电能源站每天的负载变化基本相似，故该负载变化周期具体可以为1天。

[0098] 步骤S2022:以负载变化周期为单位,根据全电能源站的历史负载量和当前负载量生成多个负载量序列;负载量序列包括多个按照时间排序的负载量。

[0099] 本发明实施例中,以当前时间点作为最新的时间点,可以向前确定多个负载变化周期内的历史负载量;并且,可以确定每一个负载变化周期内相应的负载量,从而能够以该负载变化周期为单位,构建多个负载量序列,每个负载量序列包括多个按照时间排序的负载量。

[0100] 例如,若负载变化周期具体为1天,以当前时间点作为最新的时间点,向前提取7天的负载量,则可构建7个负载量序列,每个负载量序列包括一天内的所有负载量。可以理解,最后一个负载量序列的最后一个负载量为该当前负载量。

[0101] 步骤S2023:结合多个负载量序列,生成负载变化周期的有效负载量序列。

[0102] 本发明实施例中,基于多个负载变化周期的负载量序列进行负载预测,可以提高预测结果的准确性,但所需数据量较大;为减小负载预测的复杂度,提高对负载预测模型的训练效率,将多个负载量序列合并为一个负载变化周期的负载量序列,基于合并后的负载量序列进行负载预测。为便于描述,将合并后的负载量序列称为有效负载量序列。

[0103] 可选地,上述步骤S2023“结合多个负载量序列,生成负载变化周期的有效负载量序列”具体可以包括步骤A1至步骤A2。

[0104] 步骤A1:为每个负载量序列设置权重系数;所有权重系数之和为1。

[0105] 本实施例中,由于越新的负载量序列,一般与未来的负载量变化越接近,其参考价值越高,故在为每个负载量序列设置权重系数时,基于负载量序列的新旧程度进行设置,负载量序列越新,其对应的权重系数越大。

[0106] 具体地,若存在s个负载量序列,即负载量序列的数量为s,对于其中第k个负载量序列,设其权重系数为 w_k ,本实施例中,该第k个负载量序列的权重系数 w_k 具体以如下公式(1)表示:

$$[0107] \quad w_k = \frac{2(s-1)k + s + 1}{s^2(s+1)} \quad (1)$$

[0108] 式中:

[0109] s 为负载量序列的数量,

[0110] w_k 为第 k 个负载量序列的权重系数, $k = 1, 2, \dots, s$ 。

[0111] 基于该式可知,k越大,负载量序列越新,其对应的权重系数 w_k 也越大。

[0112] 并且,所有权重系数 w_k 之和以如下公式(2)表示:

$$[0113] \quad \sum_{k=1}^s w_k = \sum_{k=1}^s \frac{2(s-1)k + s + 1}{s^2(s+1)} = \frac{2(s-1)}{s^2(s+1)} \times \frac{s(s+1)}{2} + \frac{1}{s} = \frac{s-1}{s} + \frac{1}{s} = 1$$

(2)

[0114] 式中:

[0115] $\sum_{k=1}^s w_k$ 为所有权重系数 w_k 之和,即所有权重系数 w_k 之和为1。

[0116] 步骤A2:根据权重系数对多个负载量序列进行加权处理,生成负载变化周期的有效负载量序列。

[0117] 本发明实施例中,若负载量序列包含n个负载量,并以 $l_{i,k}$ 表示第k个负载量序列中的第i个负载量, $i=1,2,\dots,n$,则可以通过对多个负载量序列中的第i个负载量进行加权处理,将加权处理结果作为有效负载量序列中的第i个负载量 x_i ,以如下公式(3)表示:

$$[0118] \quad x_i = \sum_{k=1}^s w_k \times l_{i,k} \quad (3)$$

[0119] 式中:

[0120] x_i 为有效负载量序列中的第i个负载量,

[0121] w_k 为第k个负载量序列的权重系数,

[0122] $l_{i,k}$ 为第k个负载量序列中的第i个负载量, $i=1,2,\dots,n$,

[0123] s为负载量序列的数量。

[0124] 本实施例中,通过对多个负载量序列进行加权处理,可以简单快速地确定所需的有效负载量序列;并且,加权处理所使用的权重系数 w_k 与时间有关,使得有效负载量序列可以包含较多的比较新的负载量序列的特征,有利于后续负载预测。

[0125] 步骤S2024,将有效负载量序列输入至预训练的负载预测模型,根据负载预测模型的预测结果确定在未来时间点的预测负载量。

[0126] 本实施例中,预先训练有用于进行负载预测的负载预测模型,在确定有效负载量序列后,将该有效负载量序列作为负载预测模型的输入数据,从而可以利用该负载预测模型对有效负载量序列进行负载预测,从而确定在未来时间点的预测负载量。

[0127] 可选地,该负载预测模型可以基于RNN(Recurrent Neural Network,循环神经网络)实现,例如LSTM(Long Short-Term Memory,长短期记忆)网络等,但由于RNN需要按照时序依次处理,处理效率较低;为提高负载预测过程的预测效率,本实施例基于迭代膨胀卷积神经网络(Iterated Dilated Convolutional Neural Network,IDCNN)构建该负载预测模型。

[0128] 具体地,该负载预测模型用于对有效负载量序列进行迭代膨胀卷积处理,根据相应的迭代膨胀卷积处理结果确定在未来时间点的预测负载量。本实施例中,由于可以并行实现迭代膨胀卷积处理,从而可以提高负载预测模型的预测效率;并且,迭代膨胀卷积处理的方式具有较大的感受视野,能够覆盖有效负载量序列中的大部分甚至全部负载量,可以保证预测结果的准确性。

[0129] 可选地,图4示出了该负载预测模型一种结构示意图;如图4所示,该负载预测模型包括:嵌入映射层301、输出层303和多个依次设置的迭代膨胀卷积结构302;迭代膨胀卷积结构302包括多个依次设置的膨胀卷积层3021。图4中,该负载预测模型包括两个迭代膨胀卷积结构302,并且,每个迭代膨胀卷积结构302均包括三个依次设置的膨胀卷积层3021。

[0130] 其中,嵌入映射层301用于对有效负载量序列进行嵌入映射处理,通过Embedding的方式可以对有效负载量序列中的负载量进行向量化,确定每个负载量对应的特征向量,从而可以生成相应的特征向量序列,即负载特征向量序列。

[0131] 迭代膨胀卷积结构302用于对输入的特征向量序列进行迭代膨胀卷积处理,并输出迭代膨胀卷积处理后的特征向量序列;输入至第一个迭代膨胀卷积结构302的特征向量序列为负载特征向量序列。

[0132] 输出层303用于对输入的特征向量序列进行线性处理,生成有效负载量序列对应的预测结果;输入至输出层303的特征向量序列为有效负载量序列和最后一个迭代膨胀卷积结构302输出的特征向量序列的叠加。

[0133] 本发明实施例中,由于有效负载量序列的长度较长,这需要迭代膨胀卷积结构302具有较多层(例如,膨胀卷积层3021数量较多),这会导致网络深度增大,从而容易出现梯度消失或梯度爆炸等问题。因此,本实施例中,采用残差结构的思量,如图4所示,在嵌入映射层301与输出层303之间还建立残差连接。

[0134] 具体地,如图4所示,嵌入映射层301生成负载特征向量序列后,可以将该负载特征向量序列输入至第一个迭代膨胀卷积结构302,即第一个迭代膨胀卷积结构302的输入特征向量为负载特征向量序列。该第一个迭代膨胀卷积结构302对负载特征向量序列进行迭代膨胀卷积处理,输出处理后的特征向量序列,将该特征向量序列作为第二个迭代膨胀卷积结构302的输入特征向量,继续进行迭代膨胀卷积处理,直至最后一个迭代膨胀卷积结构302处理完毕。

[0135] 并且,最后一个迭代膨胀卷积结构302输出的特征向量序列,与该负载特征向量序列进行叠加,形成叠加序列,将该叠加序列作为输出层303的输入,且该输出层利用激活函数等对叠加序列进行线性处理,最终生成该有效负载量序列对应的预测结果;例如,该输出层303可以包括全连接层。

[0136] 其中,该预测结果包括在未来时间点的预测负载量。例如,该预测结果包括之后多个时间点的负载量,进而可以确定与未来时间点对应的预测负载量。

[0137] 本实施例中,迭代膨胀卷积结构302利用多个膨胀卷积层3021,实现对特征向量序列的迭代膨胀卷积处理。其中,每个膨胀卷积层3021均用于对输入的特征向量序列进行膨胀卷积处理,并输出膨胀卷积处理后的特征向量序列。

[0138] 并且,该第*i*个膨胀卷积层3021输出的特征向量序列中第*j*个特征向量,是通过对输入至第*i*个膨胀卷积层3021的特征向量序列中,第*j*个特征向量、第*j - 2ⁱ⁻¹*个特征向量、第*j - 2ⁱ*个特征向量进行卷积处理而得到的,且第*i*个膨胀卷积层输出的特征向量序列中第*j*个特征向量 $y(i, j)$ 以如下公式(4)表示:

$$[0139] \quad y(i, j) = \text{Con}(i) \otimes [x(i, j), x(i, j - 2^{i-1}), x(i, j - 2^i)] \quad (4)$$

[0140] 式中:

[0141] $\text{Con}(i)$ 表示第*i*个膨胀卷积层的卷积核,

[0142] $\otimes$ 表示卷积运算,

[0143] $x(i, j)$ 、 $x(i, j - 2^{i-1})$ 、 $x(i, j - 2^i)$ 分别表示输入至所述第 i 个膨胀卷积层的特征向量序列中, 第 j 个特征向量、第 $j - 2^{i-1}$ 个特征向量、第 $j - 2^i$ 个特征向量。

[0144] 本发明实施例中, 对于迭代膨胀卷积结构302中的第 i 个膨胀卷积层3021, 将 2^{i-1} 作为该第 i 个膨胀卷积层3021的膨胀步长; 并且, 由于在预测未来的负载时, 与历史的负载量无关, 故该膨胀卷积层3021输出的特征向量, 只与时间在先的输入特征向量有关。具体地, 对于第 i 个膨胀卷积层3021, 可以基于其输入特征向量序列中的第 j 个特征向量、第 $j - 2^{i-1}$ 个特征向量、第 $j - 2^i$ 个特征向量, 综合确定输出的特征向量序列中第 j 个特征向量。

[0145] 图5示出了迭代膨胀卷积结构302的一种示意图, 如图5所示, 该迭代膨胀卷积结构302包括三个膨胀卷积层3021, 即第1个膨胀卷积层、第2个膨胀卷积层、第3个膨胀卷积层。

[0146] 对于第1个膨胀卷积层, $i=1$, 故其膨胀步长为 $2^0 = 1$, 对于最后一个特征向量, 若特征向量序列包括 n 个特征向量, 则 $j=n$; 如图5所示, 若以 x_i 表示输入至第1个膨胀卷积层的特征向量序列中, 第 i 个特征向量, 则可以通过对第 n 个特征向量 x_n 、第 $n-1$ 个特征向量 x_{n-1} 、第 $n-2$ 个特征向量 x_{n-2} 进行卷积处理, 确定第1个膨胀卷积层输出的特征向量序列中的第 n 个特征向量。其余特征向量与此相似, 此处不再赘述。

[0147] 类似地, 对于第2个膨胀卷积层, $i=2$, 其膨胀步长为 $2^1 = 2$ 。对于输入至第2个膨胀卷积层的特征向量序列, 可以通过对其中的第 n 个特征向量、第 $n-2$ 个特征向量、第 $n-4$ 个特征向量进行卷积处理, 确定第2个膨胀卷积层输出的特征向量序列中的第 n 个特征向量。

[0148] 对于第3个膨胀卷积层, $i=3$, 其膨胀步长为 $2^2 = 4$ 。对于输入至第3个膨胀卷积层的特征向量序列, 可以通过对其中的第 n 个特征向量、第 $n-4$ 个特征向量、第 $n-8$ 个特征向量进行卷积处理, 确定第3个膨胀卷积层输出的特征向量序列中的第 n 个特征向量。

[0149] 通过多个膨胀卷积层的依次处理, 可以实现对输入的特征向量序列 (例如负载特征向量序列) 的迭代膨胀卷积处理。

[0150] 其中, 通过对负载预测模型进行训练, 可以得到每个膨胀卷积层的卷积核, 进而基于该卷积核即可实现膨胀卷积处理。具体地, 若第 i 个膨胀卷积层的卷积核为 $Con(i)$, 且输入至第 i 个膨胀卷积层的特征向量序列中, 第 j 个特征向量、第 $j - 2^{i-1}$ 个特征向量、第 $j - 2^i$ 个特征向量分别为 $x(i, j)$ 、 $x(i, j - 2^{i-1})$ 、 $x(i, j - 2^i)$, 则第 i 个膨胀卷积层输出的特征向量序列中第 j 个特征向量 $y(i, j)$, 具体以如公式 (4) 表示。

[0151] 步骤S203: 根据当前发电功率进行功率预测, 确定在未来时间点的预测发电功率。

[0152] 其中, 可以详细参见图1所示实施例的步骤S103的相关描述, 在此不再赘述。

[0153] 步骤S204:在预测发电功率不能满足预测负载量的情况下,确定备用的第二供电设备的发电功率。

[0154] 其中,可以详细参见图1所示实施例的步骤S104的相关描述,在此不再赘述。

[0155] 步骤S205:在第二供电设备的发电功率满足预测负载量的情况下,从第一供电设备切换至第二供电设备,由第二供电设备为全电能源站供电。

[0156] 其中,可以详细参见图1所示实施例的步骤S105的相关描述,在此不再赘述。

[0157] 在一些可选的实施方式中,该方法还包括判断第二供电设备的发电功率是否满足预测负载量的过程,具体地,该过程包括以下步骤B1至步骤B2。

[0158] 步骤B1:确定第二供电设备的发电功率对应的最大负载量,并将当前负载量和预测负载量中的较大值作为参考负载量。

[0159] 步骤B2:判断最大负载量与参考负载量之间的差值是否大于预设阈值;在最大负载量与参考负载量之间的差值大于预设阈值的情况下,确定第二供电设备的发电功率满足预测负载量。

[0160] 本发明实施例中,对于正在运行的第一供电设备,可以通过构建第一供电设备的发电功率预测模型,预测得到第一供电设备在未来时间点的预测发电功率;但是,由于第二供电设备当前处于备用状态,不易准确预测,故本实施例预先设置用于比较的阈值,即预设阈值,基于该预设阈值确定第二供电设备是否可以供电。

[0161] 具体地,在确定第二供电设备的发电功率后,可以确定与该发电功率对应的负载量,即第二供电设备当前可以支持的最大负载量。由于该最大负载量是当前确定的,并不能说明在未来时间点也可以对用电设备进行供电,故本实施例中,将该最大负载量与当前负载量和预测负载量中的较大值进行比较。为便于描述,将当前负载量和预测负载量中的较大值称为参考负载量,例如,若预测负载量大于当前负载量,则该参考负载量也就是预测负载量。

[0162] 其中,若该最大负载量与参考负载量之间的差值大于预设阈值,则可以认为在当前时间点和未来时间点,该第二供电设备大概率可以为用电设备供电,即第二供电设备的发电功率满足预测负载量。相反地,若该最大负载量与参考负载量之间的差值小于预设阈值,则可以认为在当前时间点或未来时间点,若使用该第二供电设备进行供电,容易出现供电能力不足的问题,故该第二供电设备的发电功率不能满足所述预测负载量,即不能切换至第二供电设备供电。

[0163] 可选地,为保证判断第二供电设备是否适合供电的准确性,该预设阈值不宜是固定的,即预设阈值是动态阈值;例如,若第二供电设备的发电功率越大,或全电能源站的参考负载量越大,则该预设阈值应越大,以能够尽量保证判断结果的准确性。本实施例中,通过模糊控制的方式,基于实际情况设置预设阈值,具体地,设置预设阈值的过程可以包括以下步骤C1至步骤C7。

[0164] 步骤C1:构建第二供电设备的发电功率对应的多个第一模糊集,并设置相应第一隶属度函数;构建全电能源站的负载量对应的多个第二模糊集,并设置相应的第二隶属度函数;构建预设阈值对应的多个第三模糊集,并设置相应的第三隶属度函数。

[0165] 步骤C2:确定第一模糊集、第二模糊集与相应的第三模糊集之间的对应关系,构建模糊控制规则。

[0166] 步骤C3:根据第一模糊集的第一隶属度函数,确定第二供电设备的发电功率属于第一模糊集的第一隶属度,并将非零的第一隶属度所对应的第一模糊集作为第一有效模糊集;根据第二模糊集的第二隶属度函数,确定参考负载量属于第二模糊集的第二隶属度,并将非零的第二隶属度所对应的第二模糊集作为第二有效模糊集。

[0167] 步骤C4:根据模糊控制规则确定多个第三模糊集中,与第一有效模糊集和第二有效模糊集之间具有对应关系的第三有效模糊集。

[0168] 步骤C5:根据第一有效模糊集的第一隶属度和第二有效模糊集的第二隶属度,确定第三有效模糊集所对应的第三隶属度;第三有效模糊集所对应的第三隶属度,位于第一有效模糊集的第一隶属度和第二有效模糊集的第二隶属度之间。

[0169] 步骤C6:将第三有效模糊集的第三隶属度函数中,隶属度小于第三隶属度的区域作为有效区域,并将所有第三有效模糊集的有效区域进行叠加,形成叠加区域。

[0170] 步骤C7:将叠加区域的重心所对应的阈值,作为预设阈值。

[0171] 本发明实施例中,由于第二供电设备的最大负载量与该第二供电设备的发电功率是正相关关系,故可以基于该第二供电设备的发电功率和参考负载量,来确定合适的预设阈值;其中,为每种参数均设置多个模糊集,并为每个模糊集设置相应的隶属度函数。

[0172] 具体地,为第二供电设备的发电功率设置多个模糊集,即第一模糊集,并为每个第一模糊集设置相应的隶属度函数,即第一隶属度函数;类似地,为全电能源站的负载量设置多个第二模糊集,并设置相应的第二隶属度函数;为预设阈值设置多个第三模糊集,并设置相应的第三隶属度函数。

[0173] 图6示出了为发电功率、负载量和阈值三种参数所设置的模糊集以及相应的隶属度函数。如图6所示,第二供电设备的发电功率设有3个第一模糊集,即:低、中、高,全电能源站的负载量设有3个第二模糊集,即:小、中、大,阈值设有5个第三模糊集,即:A、B、C、D、E。并且,每个模糊集的隶属度函数均采用三角型的隶属度函数,也可采用其他类型的隶属度函数,具体可基于实际需求而定。

[0174] 并且,可以构建模糊控制规则,该模糊控制规则具体包括第一模糊集、第二模糊集与相应的第三模糊集之间的对应关系,即第一模糊集和第二模糊集的组合,与哪一第三模糊集相对应。例如,第一模糊集“低”和第二模糊集“小”,与该第三模糊集A之间具有对应关系。

[0175] 在确定第二供电设备的发电功率P后,即可基于各个第一模糊集的第一隶属度函数,确定该发电功率P与隶属于各个第一模糊集的隶属度,即第一隶属度;可以理解,部分第一隶属度可能为0。如图6所示,若发电功率P较大,则其隶属于第一模糊集“低”的第一隶属度为0,或者说,该发电功率P不隶属于该第一模糊集“低”,后续计算时不需要考虑这些第一隶属度为0的第一模糊集。为便于描述,将非零的第一隶属度所对应的第一模糊集,作为该发电功率P的第一有效模糊集。类似地,在确定参考负载量L后,也可以确定该参考负载量L属于各个第二模糊集的第二隶属度,并将非零的第二隶属度所对应的第二模糊集作为该参考负载量L对应的第二有效模糊集。

[0176] 并且,基于模糊控制规则,可以确定与该第一有效模糊集和第二有效模糊集相对应的第三模糊集,即第三有效模糊集。可以理解,由于第一有效模糊集和第二有效模糊集的数量可能为多个,故该第三有效模糊集的数量也可能为多个。

[0177] 对于该第一有效模糊集和第二有效模糊集的一个组合,可以基于二者的隶属度(第一隶属度和第二隶属度),确定相对应的第三有效模糊集所对应的第三隶属度。其中,该第三有效模糊集所对应的第三隶属度,位于第一有效模糊集的第一隶属度和第二有效模糊集的第二隶属度之间。例如,第三有效模糊集所对应的第三隶属度,为第一有效模糊集的第一隶属度和第二有效模糊集的第二隶属度的均值,或者其中的较小值、较大值等;一般情况下,可以将二者中的较小值作为第三有效模糊集所对应的第三隶属度。基于同样的方式,可以确定每个第三有效模糊集所对应的第三隶属度。

[0178] 利用第三有效模糊集可以进行解模糊化,以确定预设阈值的大小。具体地,对于每一个第三有效模糊集,可以将隶属度小于第三隶属度的部分区域作为有效区域,并且,将所有第三有效模糊集的有效区域进行叠加,形成最终的叠加区域。之后,可以确定该叠加区域的重心,并将该重心所对应的阈值,作为最终确定的预设阈值。

[0179] 图7示出了叠加区域的一种示意图;如图7所示,若第三模糊集B、C均为第三有效模糊集,且第三有效模糊集B的第三隶属度为0.25,第三有效模糊集C的第三隶属度为0.5,则两个有效区域叠加而成的叠加区域,具体可如图7阴影部分所示。并且,若该叠加区域的重心所对应的阈值为 TH ,则可将预设阈值设为 TH ,即发电功率 P 和参考负载量 L 所对应的预设阈值为 TH ,之后基于该预设阈值 TH 即可判断第二供电设备的发电功率是否满足预测负载量。

[0180] 本发明实施例提供的全电能源站的供电切换方法,结合全电能源站的多个负载量序列,生成有效负载量序列,基于该有效负载量序列可以一定程度上应对负载突变的情况,提高负载预测的准确性。负载预测模型对有效负载量序列进行迭代膨胀卷积处理,可以实现并行处理,能够提高负载预测模型的预测效率;负载预测模型采用残差结构,可以有效避免梯度问题;每个膨胀卷积层之基于时间在先的输入特征向量进行卷积处理,不受未来特征的影响,也使得迭代膨胀卷积后能够覆盖较多的历史负载量对应的特征。

[0181] 通过预设阈值判断第二供电设备是否可以供电,不需要对第二供电设备的发电功率进行预测,实现方式简单;对发电功率、负载量和阈值均设置相应的模糊集和隶属度函数,基于第二发电设备实际的发电功率和参考负载量可以确定相应的预设阈值,该过程不需要人为参与,可以尽量降低人为经验的影响,能够更准确地确定合适的预设阈值。

[0182] 以上详细介绍了全电能源站的供电切换方法流程,该方法也可以通过相应的装置实现,下面详细介绍该装置的结构和功能。

[0183] 在本实施例中还提供了一种全电能源站的供电切换装置,该装置用于实现上述实施例及优选实施方式,已经进行过说明的不再赘述。本实施例提供一种全电能源站的供电切换装置,如图8所示,包括:

[0184] 获取模块701,用于获取全电能源站在当前时间点的当前负载量,以及第一供电设备的当前发电功率;所述第一供电设备是当前为所述全电能源站供电的设备;

[0185] 预测模块702,用于根据所述全电能源站的历史负载量和所述当前负载量进行负载预测,确定在未来时间点的预测负载量;根据所述当前发电功率进行功率预测,确定在所述未来时间点的预测发电功率;

[0186] 预处理模块703,用于在所述预测发电功率不能满足所述预测负载量的情况下,确定备用的第二供电设备的发电功率;

[0187] 切换模块704,用于在第二供电设备的发电功率满足所述预测负载量的情况下,从所述第一供电设备切换至所述第二供电设备,由所述第二供电设备为所述全电能源站供电。

[0188] 在一些可选的实施方式中,所述预测模块702根据所述全电能源站的历史负载量和所述当前负载量进行负载预测,确定在未来时间点的预测负载量,包括:

[0189] 确定所述全电能源站的负载变化周期;

[0190] 以所述负载变化周期为单位,根据所述全电能源站的历史负载量和所述当前负载量生成多个负载量序列;所述负载量序列包括多个按照时间排序的负载量;

[0191] 结合所述多个负载量序列,生成所述负载变化周期的有效负载量序列;

[0192] 将所述有效负载量序列输入至预训练的负载预测模型,根据所述负载预测模型的预测结果确定在未来时间点的预测负载量。

[0193] 在一些可选的实施方式中,所述预测模块702结合所述多个负载量序列,生成所述负载变化周期的有效负载量序列,包括:

[0194] 为每个所述负载量序列设置权重系数;所有所述权重系数之和为1;

[0195] 根据所述权重系数对所述多个负载量序列进行加权处理,生成所述负载变化周期的有效负载量序列;

[0196] 并且,所述有效负载量序列中的第*i*个负载量 x_i 以如下公式(5)表示:

$$[0197] \quad x_i = \sum_{k=1}^s w_k \times l_{i,k} \quad (5)$$

[0198] 式中:

[0199] x_i 为有效负载量序列中的第*i*个负载量,

[0200] w_k 为第*k*个负载量序列的权重系数,

[0201] $l_{i,k}$ 为第*k*个负载量序列中的第*i*个负载量, $i = 1, 2, \dots, n$,

[0202] s 为负载量序列的数量。

[0203] 第*k*个负载量序列的权重系数 w_k 具体以如下公式(6)表示:

$$[0204] \quad w_k = \frac{2(s-1)k + s + 1}{s^2(s+1)} \quad (6)$$

[0205] 式中:

[0206] s 为负载量序列的数量,

[0207] w_k 为第*k*个负载量序列的权重系数, $k = 1, 2, \dots, s$ 。

[0208] 在一些可选的实施方式中,所述负载预测模型用于对所述有效负载量序列进行迭代膨胀卷积处理,根据相应的迭代膨胀卷积处理结果确定在未来时间点的预测负载量。

[0209] 在一些可选的实施方式中,所述负载预测模型包括:嵌入映射层、输出层和多个依次设置的迭代膨胀卷积结构;所述迭代膨胀卷积结构包括多个依次设置的膨胀卷积层;

[0210] 所述嵌入映射层用于对所述有效负载量序列进行嵌入映射处理,生成相应的负载

特征向量序列；

[0211] 所述迭代膨胀卷积结构用于对输入的特征向量序列进行迭代膨胀卷积处理,并输出迭代膨胀卷积处理后的特征向量序列;输入至第一个迭代膨胀卷积结构的特征向量序列为所述负载特征向量序列;

[0212] 所述输出层用于对输入的特征向量序列进行线性处理,生成所述有效负载量序列对应的预测结果;输入至所述输出层的特征向量序列为所述有效负载量序列和最后一个迭代膨胀卷积结构输出的特征向量序列的叠加;

[0213] 其中,所述膨胀卷积层用于对输入的特征向量序列进行膨胀卷积处理,并输出膨胀卷积处理后的特征向量序列;并且,第*i*个膨胀卷积层输出的特征向量序列中第*j*个特征向量,是通过对输入至所述第*i*个膨胀卷积层的特征向量序列中,第*j*个特征向量、第*j-2i-1*个特征向量、第*j-2i*个特征向量进行卷积处理而得到的,且第*i*个膨胀卷积层输出的特征向量序列中第*j*个特征向量 $y(i, j)$ 以如下公式(7)表示:

$$[0214] \quad y(i, j) = \text{Con}(i) \otimes [x(i, j), x(i, j - 2^{i-1}), x(i, j - 2^i)] \quad (7)$$

[0215] 式中:

[0216] $\text{Con}(i)$ 表示第*i*个膨胀卷积层的卷积核,

[0217] $\otimes$ 表示卷积运算,

[0218] $x(i, j)$ 、 $x(i, j - 2^{i-1})$ 、 $x(i, j - 2^i)$ 分别表示输入至所述第*i*个膨胀卷积层的特征向量序列中,第*j*个特征向量、第 $j - 2^{i-1}$ 个特征向量、第 $j - 2^i$ 个特征向量。

[0219] 在一些可选的实施方式中,所述装置还包括判断模块,用于:

[0220] 在所述预处理模块703确定备用的第二供电设备的发电功率之后,确定所述第二供电设备的发电功率对应的最大负载量,并将所述当前负载量和所述预测负载量中的较大值作为参考负载量;

[0221] 判断所述最大负载量与所述参考负载量之间的差值是否大于预设阈值;在所述最大负载量与所述参考负载量之间的差值大于预设阈值的情况下,确定所述第二供电设备的发电功率满足所述预测负载量。

[0222] 在一些可选的实施方式中,设置所述预设阈值的过程,包括:

[0223] 构建所述第二供电设备的发电功率对应的多个第一模糊集,并设置相应的第一隶属度函数;构建所述全电能源站的负载量对应的多个第二模糊集,并设置相应的第二隶属度函数;构建所述预设阈值对应的多个第三模糊集,并设置相应的第三隶属度函数;

[0224] 确定所述第一模糊集、所述第二模糊集与相应的所述第三模糊集之间的对应关系,构建模糊控制规则;

[0225] 根据所述第一模糊集的第一隶属度函数,确定所述第二供电设备的发电功率属于所述第一模糊集的第一隶属度,并将非零的第一隶属度所对应的第一模糊集作为第一有效模糊集;根据所述第二模糊集的第二隶属度函数,确定所述参考负载量属于所述第二模糊集的第二隶属度,并将非零的第二隶属度所对应的第二模糊集作为第二有效模糊集;

[0226] 根据所述模糊控制规则确定所述多个第三模糊集中,与所述第一有效模糊集和所述第二有效模糊集之间具有对应关系的第三有效模糊集;

[0227] 根据所述第一有效模糊集的第一隶属度和所述第二有效模糊集的第二隶属度,确定所述第三有效模糊集所对应的第三隶属度;所述第三有效模糊集所对应的第三隶属度,位于所述第一有效模糊集的第一隶属度和所述第二有效模糊集的第二隶属度之间;

[0228] 将所述第三有效模糊集的第三隶属度函数中,隶属度小于所述第三隶属度的区域作为有效区域,并将所有所述第三有效模糊集的有效区域进行叠加,形成叠加区域;

[0229] 将所述叠加区域的重心所对应的阈值,作为所述预设阈值。

[0230] 上述各个模块和单元的更进一步的功能描述与上述对应实施例相同,在此不再赘述。

[0231] 本发明实施例还提供一种计算机设备。图9是本发明可选实施例提供的一种计算机设备的结构示意图,如图9所示,该计算机设备包括:一个或多个处理器10、存储器20,以及用于连接各部件的接口,包括高速接口和低速接口。各个部件利用不同的总线互相通信连接,并且可以被安装在公共主板上或者根据需要以其它方式安装。处理器可以对在计算机设备内执行的指令进行处理,包括存储在存储器中或者存储器上以在外部输入/输出装置(诸如,耦合至接口的显示设备)上显示GUI的图形信息的指令。在一些可选的实施方式中,若需要,可以将多个处理器和/或多条总线与多个存储器一起使用。同样,可以连接多个计算机设备,各个设备提供部分必要的操作(例如,作为服务器阵列、一组刀片式服务器、或者多处理器系统)。图9中以一个处理器10为例。

[0232] 处理器10可以是中央处理器,网络处理器或其组合。其中,处理器10还可以进一步包括硬件芯片。上述硬件芯片可以是专用集成电路,可编程逻辑器件或其组合。上述可编程逻辑器件可以是复杂可编程逻辑器件,现场可编程逻辑门阵列,通用阵列逻辑或其任意组合。

[0233] 其中,所述存储器20存储有可由至少一个处理器10执行的指令,以使所述至少一个处理器10执行实现上述实施例示出的方法。

[0234] 存储器20可以包括存储程序区和存储数据区,其中,存储程序区可存储操作系统、至少一个功能所需要的应用程序;存储数据区可存储根据计算机设备的使用所创建的数据等。此外,存储器20可以包括高速随机存取存储器,还可以包括非瞬时存储器,例如至少一个磁盘存储器件、闪存器件、或其他非瞬时固态存储器件。在一些可选的实施方式中,存储器20可选包括相对于处理器10远程设置的存储器,这些远程存储器可以通过网络连接至该计算机设备。上述网络的实例包括但不限于互联网、企业内部网、局域网、移动通信网及其组合。

[0235] 存储器20可以包括易失性存储器,例如,随机存取存储器;存储器也可以包括非易失性存储器,例如,快闪存储器,硬盘或固态硬盘;存储器20还可以包括上述种类的存储器的组合。

[0236] 该计算机设备还包括通信接口30,用于该计算机设备与其他设备或通信网络通信。

[0237] 本发明实施例还提供了一种计算机可读存储介质,上述根据本发明实施例的方法可在硬件、固件中实现,或者被实现为可记录在存储介质,或者被实现通过网络下载的原始

存储在远程存储介质或非暂时机器可读存储介质中并将被存储在本地存储介质中的计算机代码,从而在此描述的方法可被存储在使用通用计算机、专用处理器或者可编程或专用硬件的存储介质上的这样的软件处理。其中,存储介质可为磁碟、光盘、只读存储记忆体、随机存储记忆体、快闪存储器、硬盘或固态硬盘等;进一步地,存储介质还可以包括上述种类的存储器的组合。可以理解,计算机、处理器、微处理器控制器或可编程硬件包括可存储或接收软件或计算机代码的存储组件,当软件或计算机代码被计算机、处理器或硬件访问且执行时,实现上述实施例示出的方法。

[0238] 本发明的一部分可被应用为计算机程序产品,例如计算机程序指令,当其被计算机执行时,通过该计算机的操作,可以调用或提供根据本发明的方法和/或技术方案。本领域技术人员应能理解,计算机程序指令在计算机可读介质中的存在形式包括但不限于源文件、可执行文件、安装包文件等,相应地,计算机程序指令被计算机执行的方式包括但不限于:该计算机直接执行该指令,或者该计算机编译该指令后再执行对应的编译后程序,或者该计算机读取并执行该指令,或者该计算机读取并安装该指令后再执行对应的安装后程序。在此,计算机可读介质可以是可供计算机访问的任意可用的计算机可读存储介质或通信介质。

[0239] 虽然结合附图描述了本发明的实施例,但是本领域技术人员可以在不脱离本发明的精神和范围的情况下做出各种修改和变型,这样的修改和变型均落入由所附权利要求所限定的范围之内。

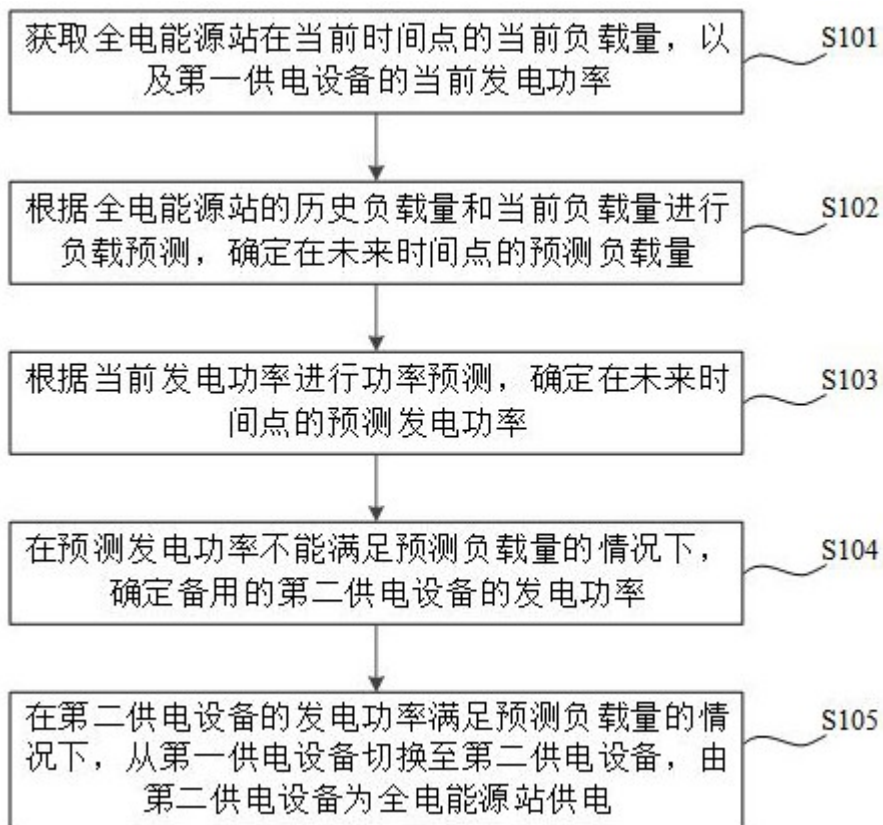


图 1

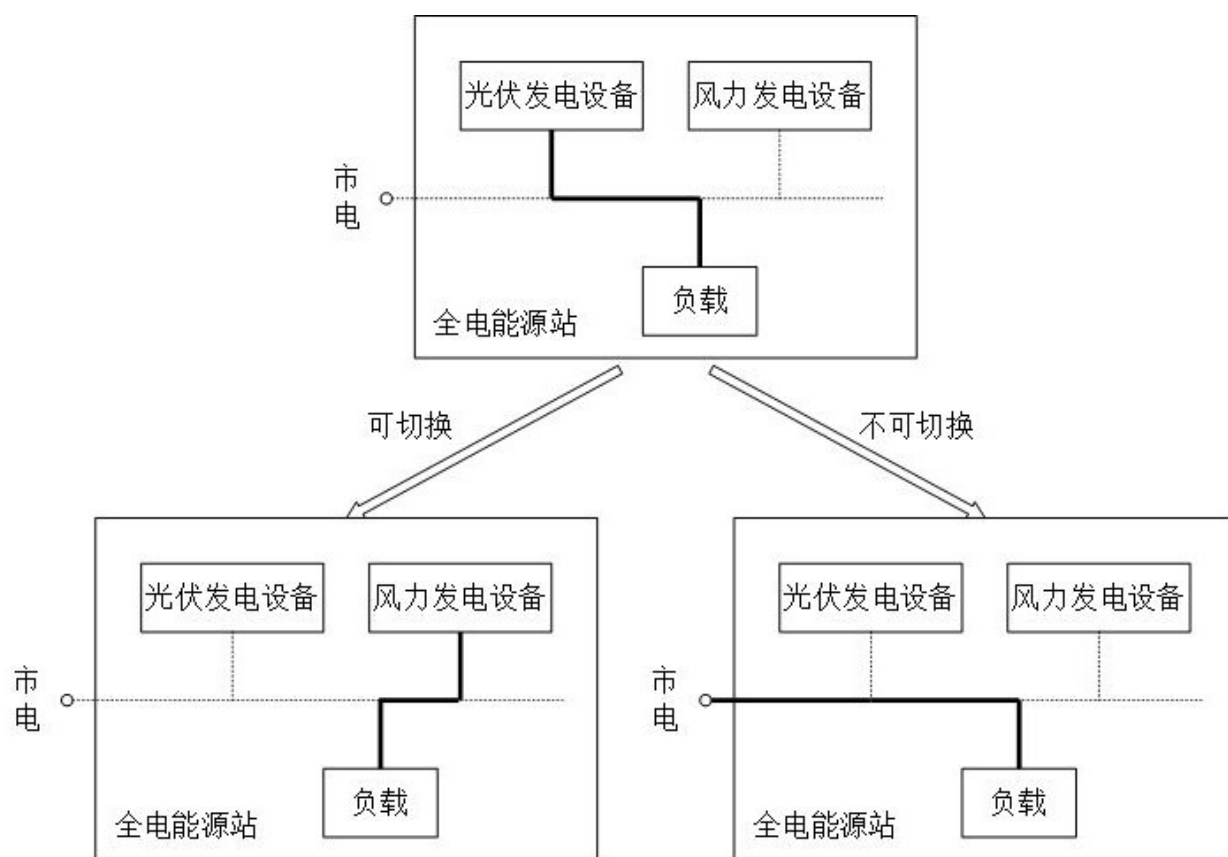


图 2

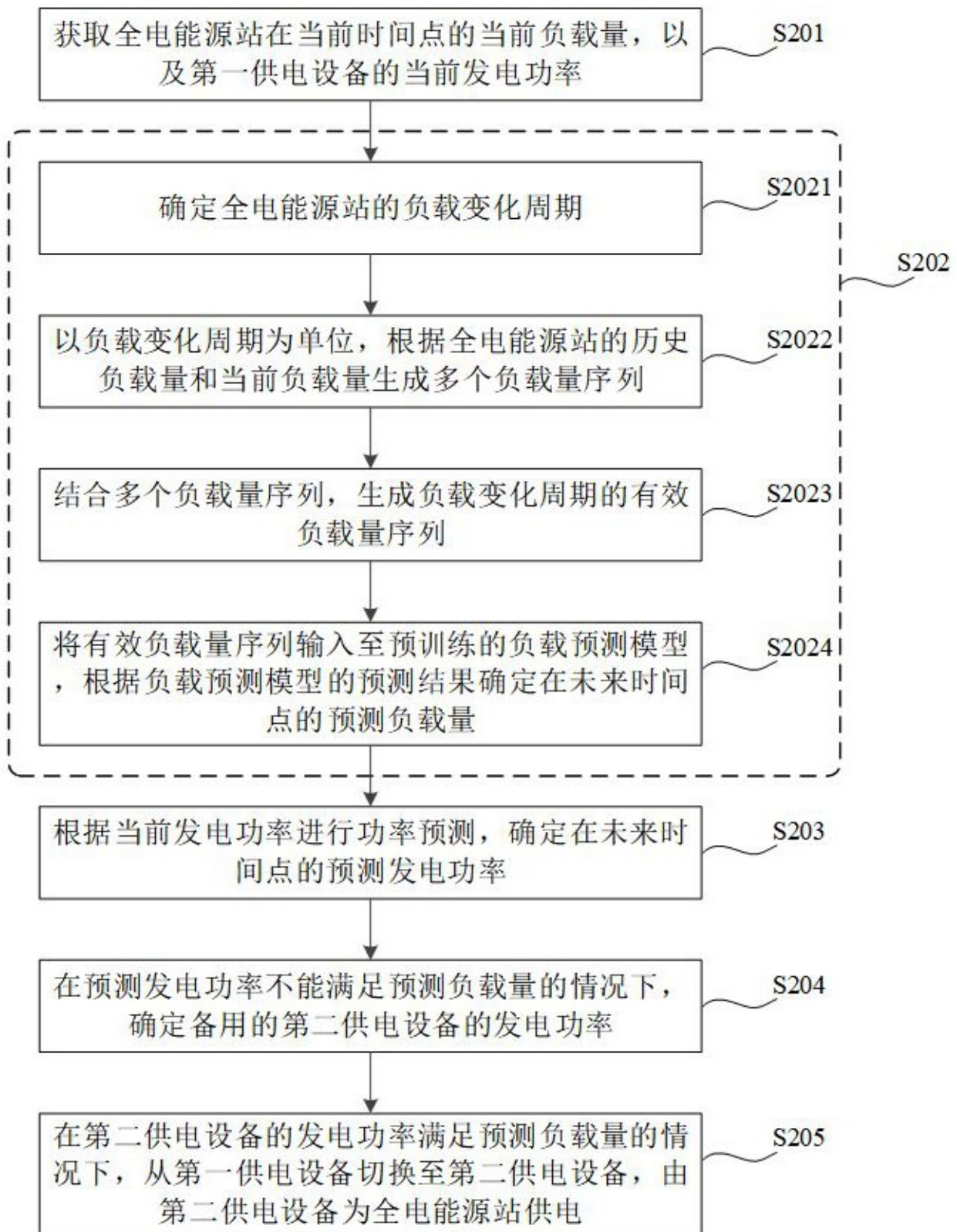


图 3

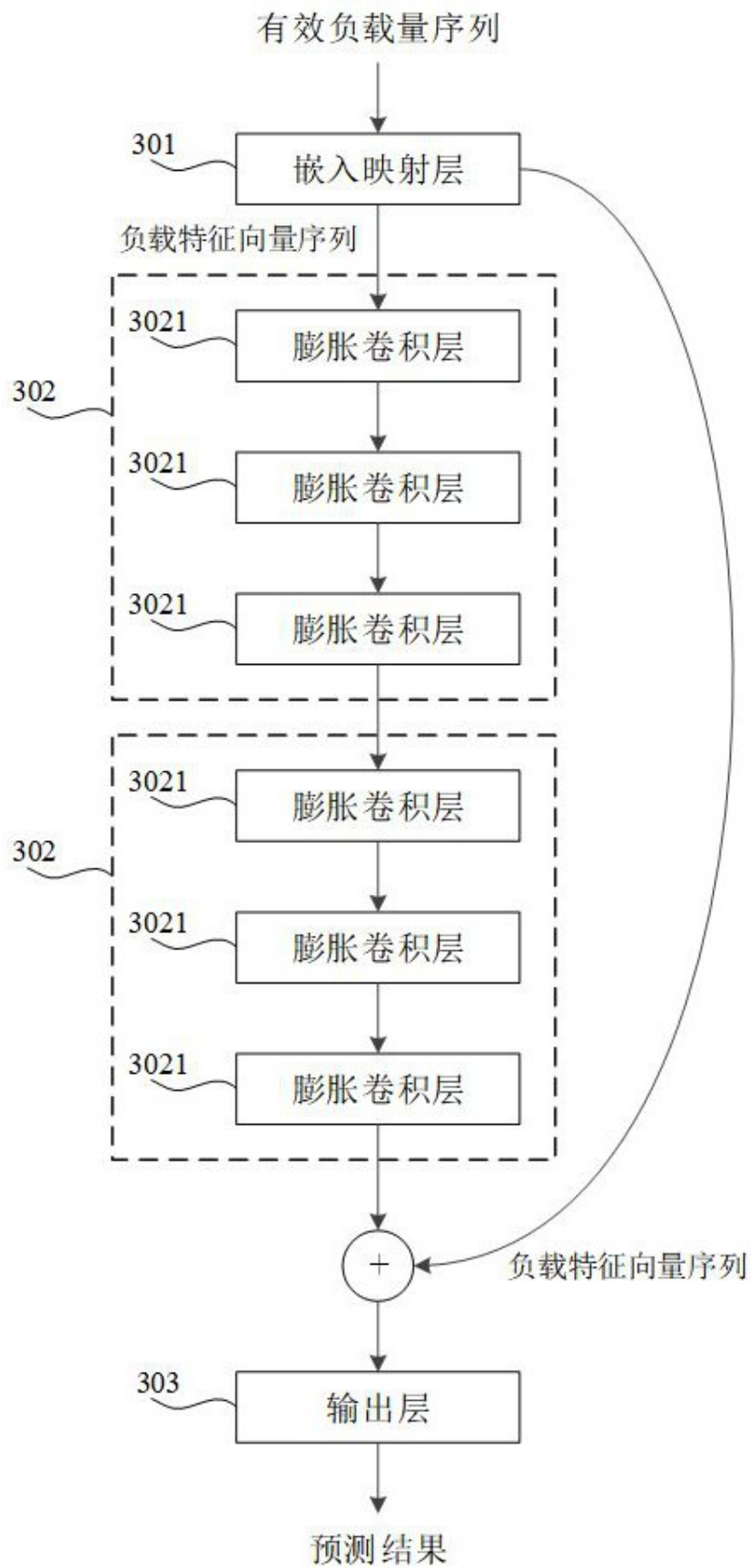


图 4

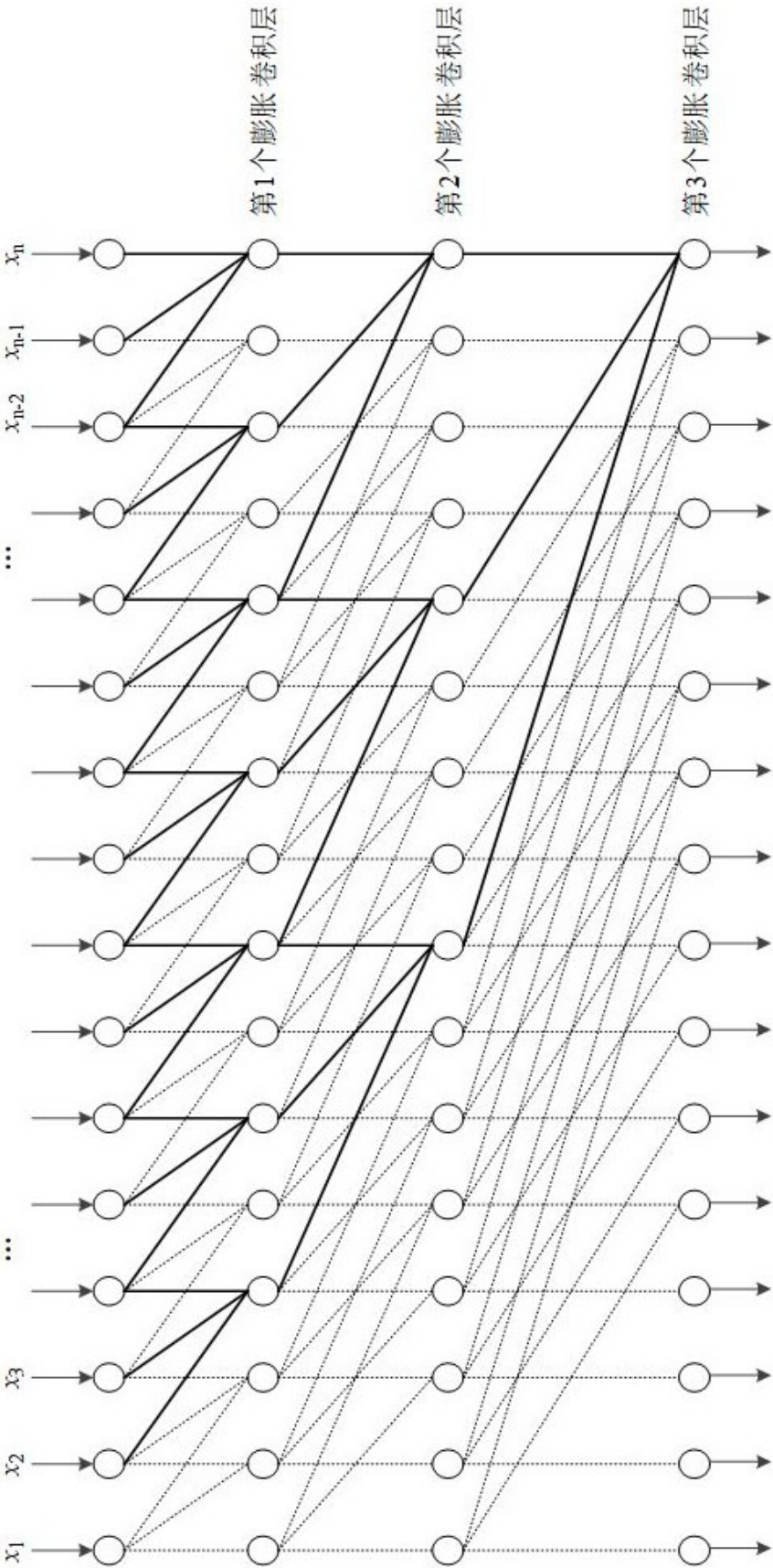


图 5

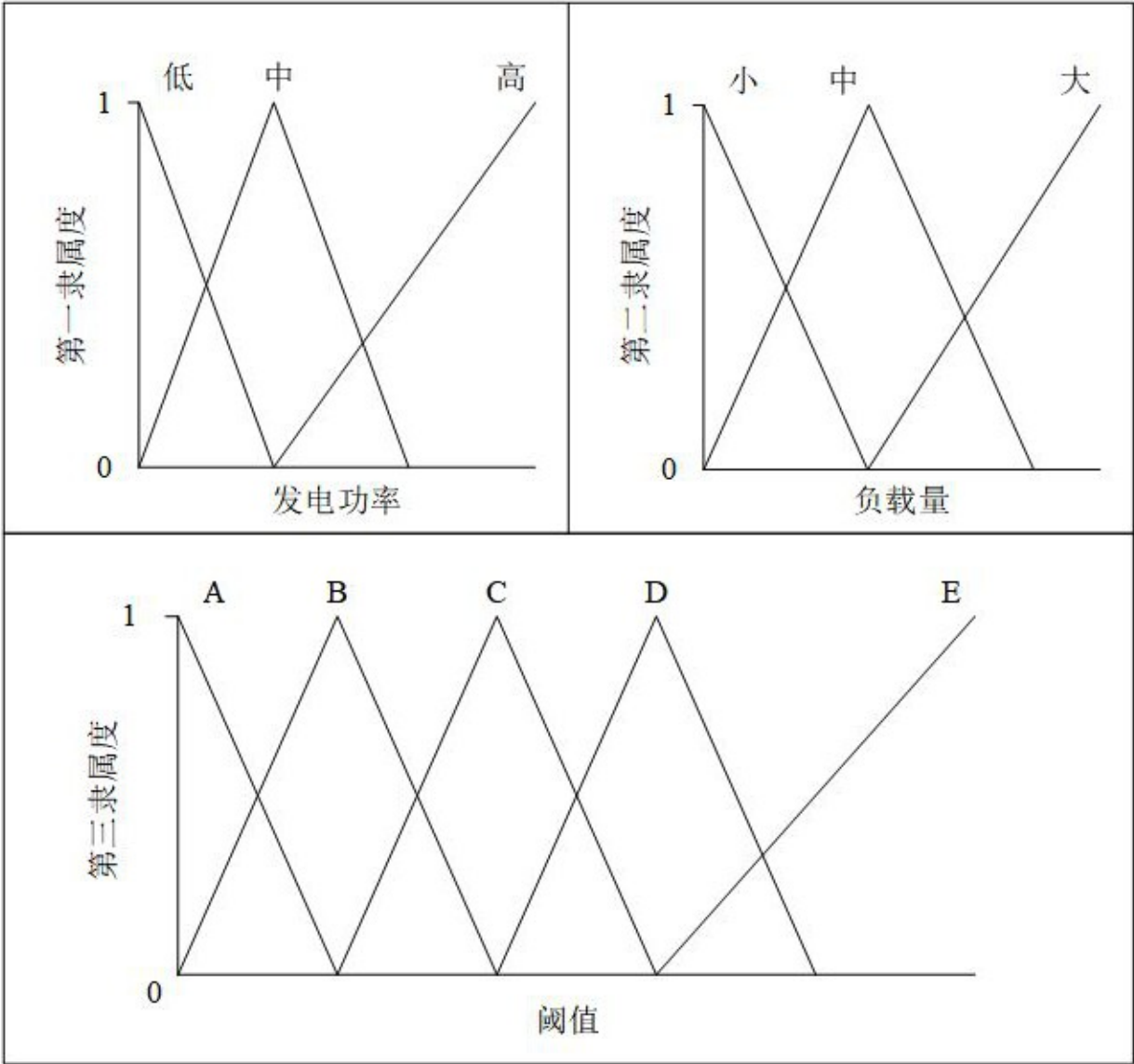


图 6

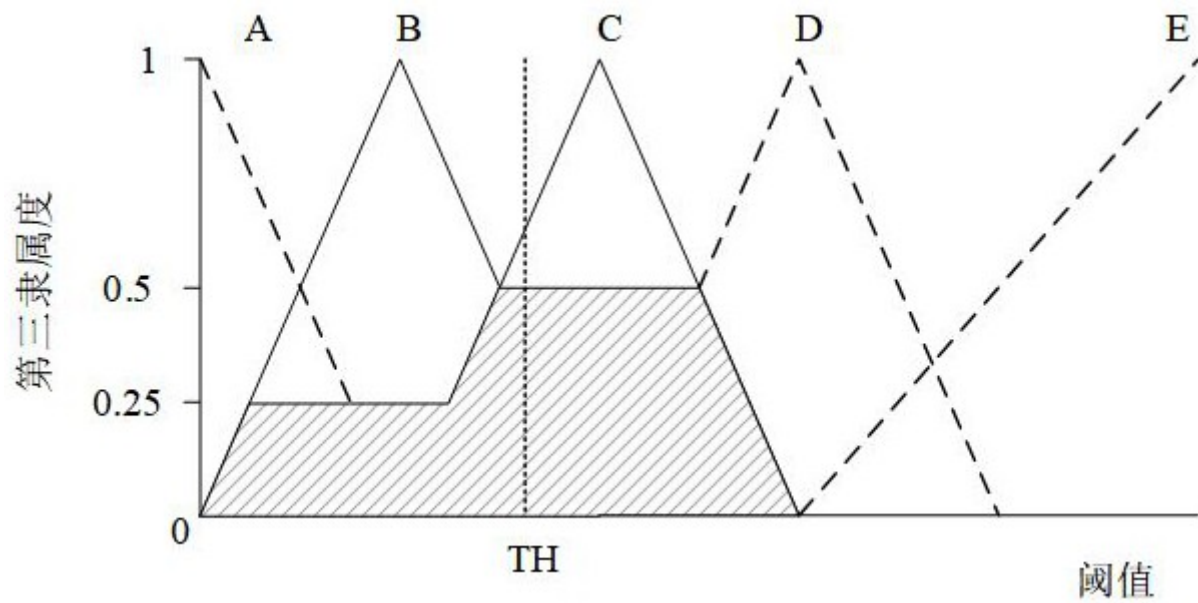


图 7

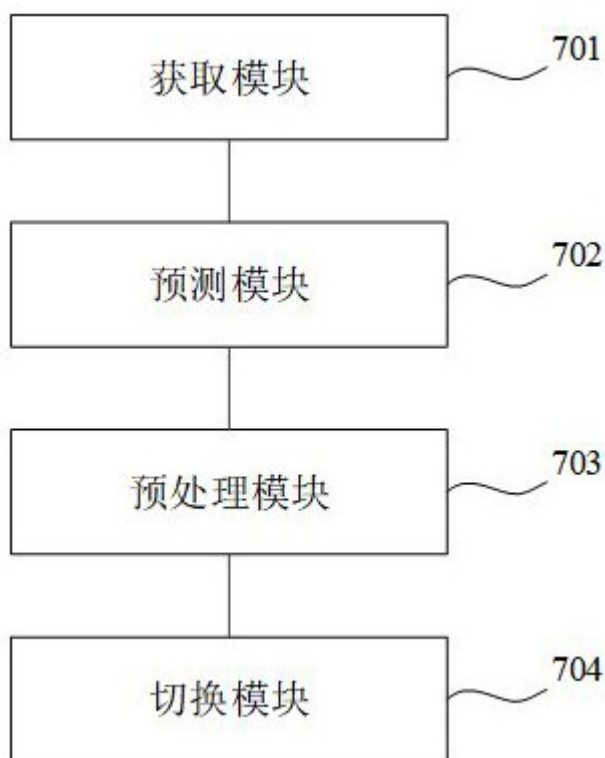


图 8

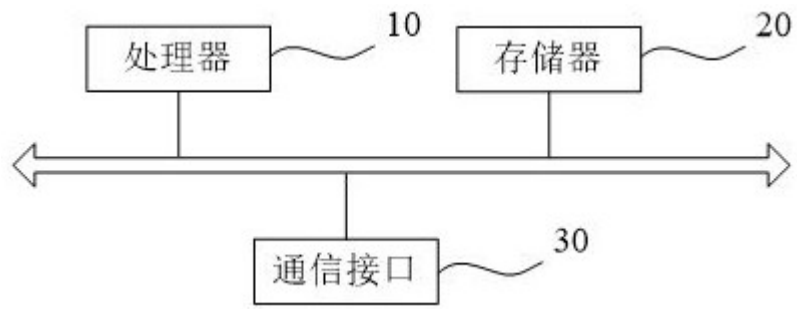


图 9