



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105610201 A

(43) 申请公布日 2016. 05. 25

(21) 申请号 201610112420. 8

(22) 申请日 2016. 02. 29

(71) 申请人 国家电网公司

地址 100000 北京市西城区西长安街 86 号

申请人 国网湖北省电力公司信息通信公司

(72) 发明人 李磊 张勇 周正 孙俊 詹鹏

叶露 刘方方 汤弋 王俊熙

贺易 陈家璘 曾玉荣

(74) 专利代理机构 武汉科皓知识产权代理事务
所(特殊普通合伙) 42222

代理人 魏波

(51) Int. Cl.

H02J 3/46(2006. 01)

G06Q 50/06(2012. 01)

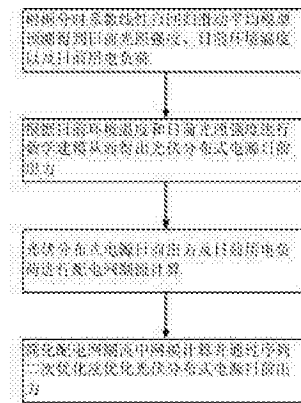
权利要求书2页 说明书6页 附图1页

(54) 发明名称

一种光伏分布式电源日前出力优化方法

(57) 摘要

本发明公开了一种光伏分布式电源日前出力优化方法,通过设计分时预测参数线性自回归滑动平均模型得到日前环境温度、日前光照强度以及日前用电负荷;进行数学建模从而得出光伏分布式电源日前出力;将光伏分布式电源日前出力及日前用电负荷引入配电网潮流计算;简化配电网潮流中网损计算得到网损近似二次项计算公式,根据网损近似二次项计算公式引入序列二次优化方法,优化光伏分布式电源日前出力,以达到配电网网损最小化目的。本发明提高了预测精度,且环境温度、光照强度及用电负荷的预测使得光伏分布式电源出力可根据天气因素及用电负荷的变化动态调度,推导的网损近似二次项计算公式结合序列二次优化方法提高了网损计算效率,易于工程实践。



1. 一种光伏分布式电源日前出力优化方法,其特征在於,包括以下步骤:

步骤1:根据分时预测参数线性自回归滑动平均模型预测环境温度、光照强度以及用电负荷,从而得到日前环境温度、日前光照强度以及日前用电负荷;

步骤2:根据步骤1中的日前环境温度、日前光照强度这两种天气因素进行数学建模,从而得出光伏分布式电源日前出力;

步骤3:根据光伏分布式电源日前出力及日前用电负荷进行配电网潮流计算;

步骤4:简化配电网潮流中网损计算,并通过序列二次优化法优化光伏分布式电源日前出力。

2. 根据权利要求1所述的光伏分布式电源日前出力优化方法,其特征在於,步骤1中所述分时预测参数线性自回归滑动平均模型为:

$$Tb(t) = \sum_{i=1}^p \varphi_{Tb,i,t} Tb(t-i) + \sum_{j=1}^q \theta_{Tb,j,t} \varepsilon_{Tb}(t-j); \quad (1 \leq p \leq T, 1 \leq q \leq T) \quad ;$$

$$I_{\beta}(t) = \sum_{i=1}^p \varphi_{I_{\beta},i,t} I_{\beta}(t-i) + \sum_{j=1}^q \theta_{I_{\beta},j,t} \varepsilon_{I_{\beta}}(t-j); \quad (1 \leq p \leq T, 1 \leq q \leq T)$$

$$; \quad load(t) = \sum_{i=1}^p \varphi_{load,i,t} load(t-i) + \sum_{j=1}^q \theta_{load,j,t} \varepsilon_{load}(t-j); \quad (1 \leq p \leq T, 1 \leq q \leq T) \quad ;$$

其中,T为光伏分布式电源日前出力优化时长;

$Tb(t)$ 为时刻t预测的日前环境温度, $1 \leq t \leq T$; $Tb(t-i)$ 为过去t-i时刻的环境温度, $\varepsilon_{Tb}(t-j)$ 为过去t-j时刻的环境温度白噪声; $\varphi_{Tb,i,t}$ 为日前时刻t对应的过去t-i时刻环境温度的分时预测参数, $\theta_{Tb,j,t}$ 为日前时刻t对应的过去t-j时刻环境温度白噪声的分时预测参数;

$I_{\beta}(t)$ 为时刻t预测的日前光照强度, $1 \leq t \leq T$; $I_{\beta}(t-i)$ 为过去t-i时刻的光照强度, $\varepsilon_{I_{\beta}}(t-j)$ 为过去t-j时刻的光照强度白噪声; $\varphi_{I_{\beta},i,t}$ 为日前时刻t对应的过去t-i时刻光照强度的分时预测参数, $\theta_{I_{\beta},j,t}$ 为日前时刻t对应的过去t-j时刻光照强度白噪声的分时预测参数;

$load(t)$ 为时刻t预测的日前用电负荷, $1 \leq t \leq T$; $load(t-i)$ 为过去t-i时刻的用电负荷, $\varepsilon_{load}(t-j)$ 为过去t-j时刻的用电负荷白噪声; $\varphi_{load,i,t}$ 为日前时刻t对应的过去t-i时刻用电负荷的分时预测参数, $\theta_{load,j,t}$ 为日前时刻t对应的过去t-j时刻用电负荷白噪声的分时预测参数。

3. 根据权利要求1所述的光伏分布式电源日前出力优化方法,其特征在於,步骤2中所述建模公式为:

$$P_{PV}(t) = S_{PV} \cdot \eta_S \cdot I_{\beta}(t) \cdot (1 - 0.005 \cdot (Tb(t) - 25));$$

其中,T为光伏分布式电源日前出力优化时长; $P_{PV}(t)$ 为时刻t预测的光伏分布式电源日前出力, $1 \leq t \leq T$; S_{PV} 为光伏电池板面积, $0 \leq S_{PV}$, $S_{PV} = 0$ 表示无分布式光伏电源接入; η_S 为光伏电池板光电转换效率, $I_{\beta}(t)$ 为时刻t预测的日前光照强度, $Tb(t)$ 为时刻t预测的日前环境温度。

4. 根据权利要求1所述的光伏分布式电源日前出力优化方法,其特征在於,步骤3的具体实现过程为:

在N节点配电网中,初始化各个节点的静态用电负荷和各线路阻抗;因区域用电的相似性,根据步骤1的日前用电负荷 $load(t)$ 得到时刻 t 节点 m 的日前用电负荷为:

$$load_m(t) = load(t) * P_m;$$

其中, T 为光伏分布式电源日前出力优化时长, $1 \leq t \leq T$; P_m 为节点 m 的静态用电负荷;

因区域天气因素的相似性,根据步骤2得到节点 m 在时刻 t 的光伏分布式电源日前出力:

$$P_{pv_m}(t) = S_{pv_m} \cdot \eta_s \cdot I_{\beta}(t) \cdot (1 - 0.005 \cdot (T_b(t) - 25));$$

其中, S_{pv_m} 为节点 m 的光伏电池板面积; η_s 为光伏电池板光电转换效率, $I_{\beta}(t)$ 为时刻 t 预测的日前光照强度, $T_b(t)$ 为时刻 t 预测的日前环境温度;

因此节点 m 在N节点配电网中在时刻 t 的等效日前用电负荷为:

$$P_{load_m}(t) = load_m(t) - P_{pv_m}(t);$$

同理,可得到N节点配电网中节点 n 的等效日前用电负荷为 $P_{load_n}(t)$;

假设节点 m 与节点 n 为配电网中的相邻节点,根据配电网潮流计算前推回代法可得到节点 m 在时刻 t 的日前电压 $V_m(t)$ 及节点 n 在时刻 t 的日前电压 $V_n(t)$ 。

5. 根据权利要求1所述的光伏分布式电源日前出力优化方法,其特征在于,步骤4的具体实现过程为:

将步骤3中节点 m 在时刻 t 的日前电压 $V_m(t)$ 及节点 n 在时刻 t 的日前电压 $V_n(t)$ 代入配电网潮流计算,得到N节点配电网在时刻 t 的日前网损:

$$P_{loss}(t) = 0.5 \times \sum_{m=1}^N \sum_{n=1}^N Y_{mn} \times [(V_m(t))^2 + (V_n(t))^2 - 2 \times V_m(t) \times V_n(t) \times \cos(\delta_m(t) - \delta_n(t))];$$

其中, T 为光伏分布式电源日前出力优化时长, $1 \leq t \leq T$; Y_{mn} 为节点 m 与节点 n 的导纳,节点 m 与节点 n 之间在时刻 t 的电流为:

$$I_{mn}(t) = Y_{mn} \times [(V_m(t))^2 + (V_n(t))^2 - 2 \times V_m(t) \times V_n(t) \times \cos(\delta_m(t) - \delta_n(t))]^{0.5};$$

$\delta_m(t) - \delta_n(t)$ 为节点 m 与节点 n 的相角差;

因此 $P_{loss}(t)$ 简化为:

$$\begin{aligned} P_{loss}(t) &= 0.5 \times \sum_{m=1}^N \sum_{n=1}^N \frac{1}{Y_{mn}} \times (I_{mn}(t))^2 \\ &= 0.5 \times \sum_{m=1}^N \sum_{n=1}^N G_{mn} \times (I_{mn}(t))^2 \end{aligned} ;$$

其中, G_{mn} 为节点 m 与节点 n 的阻抗;

根据N节点配电网的 $P_{loss}(t)$ 可知, $P_{loss}(t)$ 为二次项表达式,因此引入序列二次优化对N节点配电网中的光伏分布式电源日前出力以网损最小化为目标优化: $\min: \sum_{t=1}^T P_{loss}(t)$; 通过

光伏分布式电源出力优化结果,调节N节点配电网中节点的光伏分布式电源日前出力。

一种光伏分布式电源日前出力优化方法

技术领域

[0001] 本发明属于新能源控制技术领域,涉及一种光伏分布式电源日前出力优化方法,尤其涉及一种基于分时预测参数线性自回归滑动平均模型的光伏分布式电源日前出力优化方法。

背景技术

[0002] 近年我国经济的迅速发展带来了用电负荷的快速增长,而快速增长的用电负荷迫切需要大量电能来满足。传统的集中式发电主要依靠煤炭化石燃料来产生电能,长久以来这种集中发电方式在电力生产中占据了相当大的比重。然而全球性化石能源的短缺和环境气候变化对现有的集中式发电造成很大压力,发电模式因此迫切需要改变和转型。如今各国将目光聚焦于光伏分布式电源,日益增长的用电负荷量迫切需要新能源发电技术来满足,开发利用新能源技术已成为世界各国的发展趋势。而提高光伏分布式电源的发电量以及新能源在电网中接入量,是实现我国未来能源可持续发展的关键所在。

[0003] 现有光伏分布式电源的研究重点是优化其接入位置及接入容量以最小化配电网,然而针对光伏分布式电源受天气因素影响的不确定性及其配电网中的用电负荷的时变性很少涉及。因此,现有的光伏分布式电源出力优化方法针对的是其出力及用电负荷静态的场景,很难满足光伏分布式电源出力及用电负荷随机变化的配电网。

发明内容

[0004] 为了解决上述技术问题,本发明提供了一种基于分时预测参数线性自回归滑动平均模型的光伏分布式电源日前出力优化方法,通过预测光伏分布式电源的出力及用电负荷,以最小化配电网的网损为目标,优化调度光伏分布式电源的出力。

[0005] 本发明所采用的技术方案是:一种光伏分布式电源日前出力优化方法,其特征在于,包括以下步骤:

[0006] 步骤1:根据分时预测参数线性自回归滑动平均模型预测环境温度、光照强度以及用电负荷,从而得到日前环境温度、日前光照强度以及日前用电负荷;

[0007] 步骤2:根据步骤1中的日前环境温度、日前光照强度这两种天气因素进行数学建模,从而得出光伏分布式电源日前出力;

[0008] 步骤3:根据光伏分布式电源日前出力及日前用电负荷进行配电网潮流计算;

[0009] 步骤4:简化配电网潮流中网损计算,并通过序列二次优化法优化光伏分布式电源日前出力。

[0010] 作为优选,步骤1中所述分时预测参数线性自回归滑动平均模型为:

$$[0011] \quad Tb(t) = \sum_{i=1}^p \varphi_{Tb,i} Tb(t-i) + \sum_{j=1}^q \theta_{Tb,j} \varepsilon_{Tb}(t-j); \quad (1 \leq p \leq T, 1 \leq q \leq T) \quad ;$$

$$[0012] \quad I_{\beta}(t) = \sum_{i=1}^p \varphi_{I_{\beta},i,t} I_{\beta}(t-i) + \sum_{j=1}^q \theta_{I_{\beta},j,t} \varepsilon_{I_{\beta}}(t-j) ; (1 \leq p \leq T, 1 \leq q \leq T)$$

$$[0013] \quad ; \quad load(t) = \sum_{i=1}^p \varphi_{load,i,t} load(t-i) + \sum_{j=1}^q \theta_{load,j,t} \varepsilon_{load}(t-j) ; (1 \leq p \leq T, 1 \leq q \leq T) ;$$

[0014] 其中,T为光伏分布式电源日前出力优化时长;

[0015] $T_b(t)$ 为时刻t预测的日前环境温度, $1 \leq t \leq T$; $T_b(t-i)$ 为过去t-i时刻的环境温度, $\varepsilon_{T_b}(t-j)$ 为过去t-j时刻的环境温度白噪声; $\varphi_{T_b,i,t}$ 为日前时刻t对应的过去t-i时刻环境温度的分时预测参数, $\theta_{T_b,j,t}$ 为日前时刻t对应的过去t-j时刻环境温度白噪声的分时预测参数;

[0016] $I_{\beta}(t)$ 为时刻t预测的日前光照强度, $1 \leq t \leq T$; $I_{\beta}(t-i)$ 为过去t-i时刻的光照强度, $\varepsilon_{I_{\beta}}(t-j)$ 为过去t-j时刻的光照强度白噪声; $\varphi_{I_{\beta},i,t}$ 为日前时刻t对应的过去t-i时刻光照强度的分时预测参数, $\theta_{I_{\beta},j,t}$ 为日前时刻t对应的过去t-j时刻光照强度白噪声的分时预测参数;

[0017] $load(t)$ 为时刻t预测的日前用电负荷, $1 \leq t \leq T$; $load(t-i)$ 为过去t-i时刻的用电负荷, $\varepsilon_{load}(t-j)$ 为过去t-j时刻的用电负荷白噪声; $\varphi_{load,i,t}$ 为日前时刻t对应的过去t-i时刻用电负荷的分时预测参数, $\theta_{load,j,t}$ 为日前时刻t对应的过去t-j时刻用电负荷白噪声的分时预测参数。

[0018] 作为优选,步骤2中所述建模公式为:

$$[0019] \quad P_{PV}(t) = S_{PV} \cdot \eta_S \cdot I_{\beta}(t) \cdot (1 - 0.005 \cdot (T_b(t) - 25));$$

[0020] 其中,T为光伏分布式电源日前出力优化时长; $P_{PV}(t)$ 为时刻t预测的光伏分布式电源日前出力, $1 \leq t \leq T$; S_{PV} 为光伏电池板面积, $0 \leq S_{PV}$, $S_{PV} = 0$ 表示无分布式光伏电源接入; η_S 为光伏电池板光电转换效率, $I_{\beta}(t)$ 为时刻t预测的日前光照强度, $T_b(t)$ 为时刻t预测的日前环境温度。

[0021] 作为优选,步骤3的具体实现过程为:

[0022] 在N节点配电网中,初始化各个节点的静态用电负荷和各线路阻抗;因区域用电的相似性,根据步骤1的日前用电负荷 $load(t)$ 得到时刻t节点m的日前用电负荷为:

$$[0023] \quad load_m(t) = load(t) \cdot P_m;$$

[0024] 其中,T为光伏分布式电源日前出力优化时长, $1 \leq t \leq T$; P_m 为节点m的静态用电负荷;

[0025] 因区域天气因素的相似性,根据步骤2得到节点m在时刻t的光伏分布式电源日前出力:

$$[0026] \quad P_{PVm}(t) = S_{PVm} \cdot \eta_S \cdot I_{\beta}(t) \cdot (1 - 0.005 \cdot (T_b(t) - 25));$$

[0027] 其中, S_{PVm} 为节点m的光伏电池板面积; η_S 为光伏电池板光电转换效率, $I_{\beta}(t)$ 为时刻t预测的日前光照强度, $T_b(t)$ 为时刻t预测的日前环境温度;

[0028] 因此节点m在N节点配电网中在时刻t的等效日前用电负荷为:

$$[0029] \quad P_{loadm}(t) = load_m(t) - P_{PVm}(t);$$

[0030] 同理,可得到N节点配电网中节点n的等效日前用电负荷为 $P_{loadn}(t)$;

[0031] 假设节点m与节点n为配电网中的相邻节点,根据配电网潮流计算前推回代法可得到节点m在时刻t的日前电压 $V_m(t)$ 及节点n在时刻t的日前电压 $V_n(t)$ 。

[0032] 作为优选,步骤4的具体实现过程为:

[0033] 将步骤3中节点m在时刻t的日前电压 $V_m(t)$ 及节点n在时刻t的日前电压 $V_n(t)$ 代入配电网潮流计算,得到N节点配电网在时刻t的日前网损:

[0034]

$$P_{loss}(t) = 0.5 \times \sum_{m=1}^N \sum_{n=1}^N Y_{mn} \times [(V_m(t))^2 + (V_n(t))^2 - 2 \times V_m(t) \times V_n(t) \times \cos(\delta_m(t) - \delta_n(t))];$$

[0035] 其中,T为光伏分布式电源日前出力优化时长, $1 \leq t \leq T$; Y_{mn} 为节点m与节点n的导纳,节点m与节点n之间在时刻t的电流为:

$$I_{mn}(t) = Y_{mn} \times [(V_m(t))^2 + (V_n(t))^2 - 2 \times V_m(t) \times V_n(t) \times \cos(\delta_m(t) - \delta_n(t))]^{0.5};$$

[0037] $\delta_m(t) - \delta_n(t)$ 为节点m与节点n的相角差;

[0038] 因此 $P_{loss}(t)$ 简化为:

$$P_{loss}(t) = 0.5 \times \sum_{m=1}^N \sum_{n=1}^N \frac{1}{Y_{mn}} \times (I_{mn}(t))^2$$

[0039]

$$= 0.5 \times \sum_{m=1}^N \sum_{n=1}^N G_{mn} \times (I_{mn}(t))^2$$

[0040] 其中, G_{mn} 为节点m与节点n的阻抗;

[0041] 根据N节点配电网的 $P_{loss}(t)$ 可知, $P_{loss}(t)$ 为二次项表达式,因此引入序列二次优化

对N节点配电网中的光伏分布式电源日前出力以网损最小化为目标优化: $\min: \sum_{t=1}^T P_{loss}(t)$;

通过光伏分布式电源出力优化结果,调节N节点配电网中节点的光伏分布式电源日前出力。

[0042] 本发明考虑到光伏分布式电源出力及用电负荷随机变化的问题,通过分时预测参数线性自回归滑动平均模型预测光伏分布式电源日前出力及日前用电负荷,并通过简化配电网网损公式得到网损近似二次项计算公式,然后引入二次序列优化方法根据日前预测数据使得配电网网损达到最小。本发明根据分时预测参数线性自回归滑动平均模型以及网损近似二次序列优化方法,大大提高了网损优化的计算效率及光伏分布式电源出力及用电负荷随机性的可控性。

附图说明

[0043] 图1:是本发明实施例的方法流程图。

[0044] 图2:是本发明实施例的配电网模型图。

具体实施方式

[0045] 为了便于本领域普通技术人员理解和实施本发明,下面结合附图及实施例对本发明作进一步的详细描述,应当理解,此处所描述的实施例仅用于说明和解释本发明,并不用于限定本发明。

[0046] 请见图1,是本发明实施例的方法流程图;请见图2,为本发明实施例的标准配电网

IEEE33节点模型。本发明提供一种基于分时预测参数线性自回归滑动平均模型的光伏分布式电源日前出力优化方法,包括以下步骤:

[0047] 步骤1:通过分时预测参数线性自回归滑动平均模型预测环境温度、光照强度以及用电负荷,从而得到日前环境温度、日前光照强度以及日前用电负荷。如公式(1)-(3)所示,为分时预测参数线性自回归滑动平均模型,T为光伏分布式电源日前出力优化时长。

[0048] 根据光照强度的自然特性,本发明 $T=12$,即一天选取12个小时作为研究周期时长。考虑到日照的充分性,本发明选取广东省东莞的光照强度、环境温度、用电负荷作为光伏分布式电源日前出力优化的实验数据。

[0049] 在公示(1)中, $T_b(t)$ 为时刻 $t(1 \leq t \leq T)$ 预测的日前环境温度, $T_b(t-i)$ 为过去 $t-i$ 时刻的环境温度, $\varepsilon_{T_b}(t-j)$ 为过去 $t-j$ 时刻的环境温度白噪声。 $\varphi_{T_b,i,t}$ 为日前时刻 t 对应的过去 $t-i$ 时刻环境温度的分时预测参数, $\theta_{T_b,j,t}$ 为日前时刻 t 对应的过去 $t-j$ 时刻环境温度白噪声的分时预测参数。

$$[0050] \quad T_b(t) = \sum_{i=1}^p \varphi_{T_b,i,t} T_b(t-i) + \sum_{j=1}^q \theta_{T_b,j,t} \varepsilon_{T_b}(t-j) \quad (1 \leq p \leq T, 1 \leq q \leq T) \quad (1)$$

[0051] 在公示(2)中, $I_\beta(t)$ 为时刻 $t(1 \leq t \leq T)$ 预测的日前光照强度, $I_\beta(t-i)$ 为过去 $t-i$ 时刻的光照强度, $\varepsilon_{I_\beta}(t-j)$ 为过去 $t-j$ 时刻的光照强度白噪声。 $\varphi_{I_\beta,i,t}$ 为日前时刻 t 对应的过去 $t-i$ 时刻光照强度的分时预测参数, $\theta_{I_\beta,j,t}$ 为日前时刻 t 对应的过去 $t-j$ 时刻光照强度白噪声的分时预测参数。

$$[0052] \quad I_\beta(t) = \sum_{i=1}^p \varphi_{I_\beta,i,t} I_\beta(t-i) + \sum_{j=1}^q \theta_{I_\beta,j,t} \varepsilon_{I_\beta}(t-j) \quad (1 \leq p \leq T, 1 \leq q \leq T)$$

[0053] (2)

[0054] 在公示(3)中, $load(t)$ 为时刻 $t(1 \leq t \leq T)$ 预测的日前用电负荷, $load(t-i)$ 为过去 $t-i$ 时刻的用电负荷, $\varepsilon_{load}(t-j)$ 为过去 $t-j$ 时刻的用电负荷白噪声。 $\varphi_{load,i,t}$ 为日前时刻 t 对应的过去 $t-i$ 时刻用电负荷的分时预测参数, $\theta_{load,j,t}$ 为日前时刻 t 对应的过去 $t-j$ 时刻用电负荷白噪声的分时预测参数。

$$[0055] \quad load(t) = \sum_{i=1}^p \varphi_{load,i,t} load(t-i) + \sum_{j=1}^q \theta_{load,j,t} \varepsilon_{load}(t-j) \quad (1 \leq p \leq T, 1 \leq q \leq T) \quad (3)$$

[0056] 步骤2:根据步骤1中的日前环境温度、日前光照强度这两种天气因素进行建模。其中, $P_{PV}(t)$ 为时刻 $t(1 \leq t \leq T)$ 预测的光伏分布式电源日前出力, $S_{PV}(0 \leq S_{PV}, S_{PV}=0$ 表示无分布式光伏电源接入)为光伏电池板面积, η_s 为光伏电池板光电转换效率,具体公式建模如下所示:

$$[0057] \quad P_{PV}(t) = S_{PV} \cdot \eta_s \cdot I_\beta(t) \cdot (1 - 0.005 \cdot (T_b(t) - 25))$$

[0058] (4)

[0059] 步骤3:在 $N=33$ 节点配电网中,初始化各个节点的静态用电负荷和各线路阻抗。为了增大光伏分布式电源在配电网中的接入,本发明选取 $N=33$ 节点配电网中用电负荷最大

的三个节点即24号节点,25号节点,32号节点作为光伏分布式电源的并网节点,即 $m = \{24, 25, 32\}$,见图2。上述三个并网节点的光伏电池板面积分别为 $S_{PV24} = 200m^2$, $S_{PV25} = 200m^2$, $S_{PV32} = 100m^2$,光伏电池板的光电转换效率 $\eta_s = 16\%$ 。

[0060] 因区域用电的相似性,可根据步骤1的日前用电负荷 $load(t)$ 得到时刻 $t(1 \leq t \leq T)$ 节点 m 的日前用电负荷为:

$$[0061] \quad load_m(t) = load(t) * P_m$$

$$[0062] \quad (5)$$

[0063] 其中, P_m 为节点 m 的静态用电负荷。

[0064] 因区域天气因素的相似性,可根据步骤2得到节点 m 在时刻 $t(1 \leq t \leq T)$ 的光伏分布式电源日前出力:

$$[0065] \quad P_{PVm}(t) = S_{PVm} \cdot \eta_s \cdot I_{\beta}(t) \cdot (1 - 0.005 \cdot (T_b(t) - 25)) \quad (6)$$

[0066] 其中, S_{PVm} 为节点 m 的光伏电池板面积。

[0067] 因此节点 m 在 $N=33$ 节点配电网中在时刻 $t(1 \leq t \leq T)$ 的等效日前用电负荷为:

$$[0068] \quad P_{loadm}(t) = load_m(t) - P_{PVm}(t)$$

$$[0069] \quad (7)$$

[0070] 同理,可得到 $N=33$ 节点配电网中节点 m 的等效日前用电负荷为 $P_{loadm}(t)$ 。与节点 $m = \{24, 25, 32\}$ 在配电网中相邻的节点 n 见图2。根据配电网潮流计算前推回代法可得到节点 m 在时刻 $t(1 \leq t \leq T)$ 的日前电压 $V_m(t)$ 及节点 n 在时刻 $t(1 \leq t \leq T)$ 的日前电压 $V_n(t)$ 。

[0071] 步骤4:将步骤3中节点 m 在时刻 $t(1 \leq t \leq T)$ 的日前电压 $V_m(t)$ 及节点 n 在时刻 $t(1 \leq t \leq T)$ 的日前电压 $V_n(t)$ 代入配电网潮流网损计算,可得到 $N=33$ 节点配电网在时刻 $t(1 \leq t \leq T)$ 的日前网损:

$$[0072] \quad P_{loss}(t) = 0.5 \times \sum_{m=1}^N \sum_{n=1}^N Y_{mn} \times [(V_m(t))^2 + (V_n(t))^2 - 2 \times V_m(t) \times V_n(t) \times \cos(\delta_m(t) - \delta_n(t))] \quad (8)$$

[0073] 其中, Y_{mn} 为节点 m 与节点 n 的导纳,节点 m 与节点 n 之间在时刻 $t(1 \leq t \leq T)$ 的电流为 $I_{mn}(t) = Y_{mn} \times [(V_m(t))^2 + (V_n(t))^2 - 2 \times V_m(t) \times V_n(t) \times \cos(\delta_m(t) - \delta_n(t))]^{0.5}$ 。 $\delta_m(t) - \delta_n(t)$ 为节点 m 与节点 n 的相角差。因此公式(8)可以简化为:

$$[0074] \quad P_{loss}(t) = 0.5 \times \sum_{m=1}^N \sum_{n=1}^N \frac{1}{Y_{mn}} \times (I_{mn}(t))^2 = 0.5 \times \sum_{m=1}^N \sum_{n=1}^N G_{mn} \times (I_{mn}(t))^2 \quad (9)$$

[0075] 其中, G_{mn} 为节点 m 与节点 n 的阻抗。根据 $N=33$ 节点配电网的 $P_{loss}(t)$ 可知, $P_{loss}(t)$ 为二次项表达式,因此可以引入序列二次优化对 $N=33$ 节点配电网中的光伏分布式电源日前出力以网损最小化为目标优化:

$$[0076] \quad \min: \sum_{t=1}^T P_{loss}(t) \quad (10)$$

[0077] 通过公式(10)的光伏分布式电源出力优化结果,调节 $N=33$ 节点配电网中节点的

光伏分布式电源日前出力。

[0078] 应当理解的是,上述针对较佳实施例的描述较为详细,并不能因此而认为是对本发明专利保护范围的限制,本领域的普通技术人员在本发明的启示下,在不脱离本发明权利要求所保护的范围情况下,还可以做出替换或变形,均落入本发明的保护范围之内,本发明的请求保护范围应以所附权利要求为准。

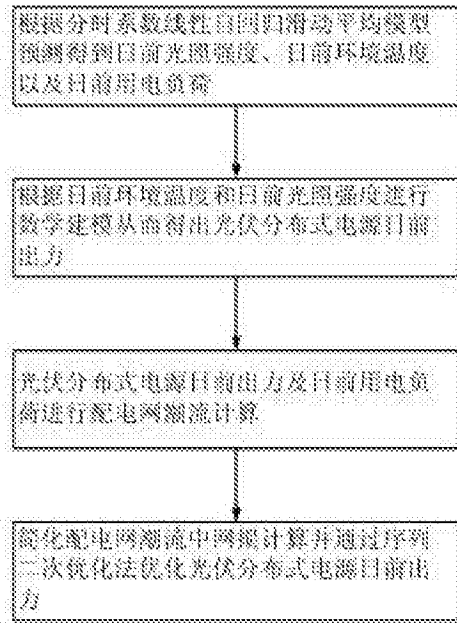


图1

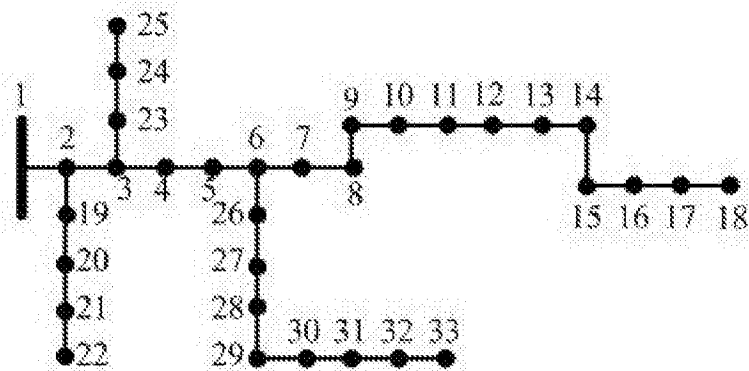


图2