



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 108564249 B

(45) 授权公告日 2022. 02. 15

(21) 申请号 201810183200.3

(22) 申请日 2018.03.06

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 108564249 A

(43) 申请公布日 2018.09.21

(73) 专利权人 华南理工大学
地址 510640 广东省广州市天河区五山路
381号

(72) 发明人 周俊煌 张勇军

(74) 专利代理机构 广州粤高专利商标代理有限公司 44102

代理人 何淑珍 冯振宁

(51) Int. Cl.

G06Q 10/06 (2012.01)

G06Q 50/06 (2012.01)

(56) 对比文件

CN 103353979 A, 2013.10.16

CN 103793612 A, 2014.05.14

CN 103199554 A, 2013.07.10

WO 2008/131446 A2, 2008.10.30

彭丽霖. 主动配电网下分布式能源系统规划运行及效益评价研究.《华北电力大学学报》.2018,第24-59页.

审查员 范励超

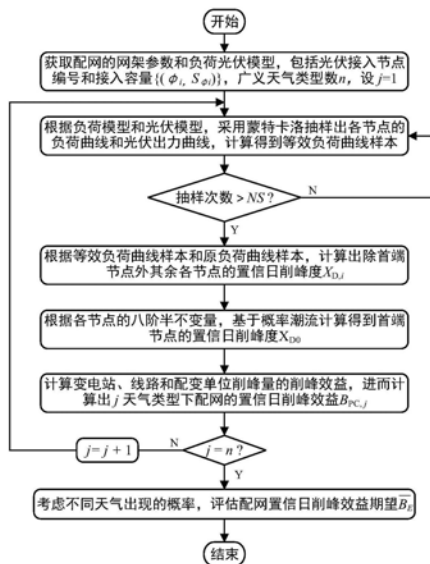
权利要求书2页 说明书5页 附图2页

(54) 发明名称

计及分布式光伏随机性的配电网置信削峰效益评估方法

(57) 摘要

本发明提供计及分布式光伏随机性的配电网置信削峰效益评估方法,包括如下步骤:(1)获取配电网的网架参数、负荷模型和光伏出力模型;(2)获取分布式光伏接入的节点编号和节点容量;(3)采用蒙特卡洛法抽样模拟各节点的日负荷曲线和光伏出力曲线;(4)计算各节点的置信日削峰度;(5)建立同时计及变电站、线路和配变三类设备削峰效益的概率评估模型;(6)对配电网的置信日削峰效益期望进行评估。本发明提出了一种计及分布式光伏随机性的配电网置信削峰效益评估方法,可用于对含分布式光伏的配电网进行概率性地削峰效益评估,评估模型还能有效地辨识出分布式光伏以不同位置 and 不同电压等级接入对配网削峰效益的影响差异。



1. 计及分布式光伏随机性的配电网置信削峰效益评估方法,其特征在于包括以下步骤:

(1) 获取配电网的网架参数、负荷模型和光伏出力模型,网架参数包括配电网的线路阻抗、各配电变压器的阻抗;负荷模型为考虑负荷预测误差的负荷概率模型;光伏出力模型为考虑光伏出力波动性和时序性以及天气类型预测误差的光伏出力概率模型;

(2) 获取分布式光伏接入的节点编号和接入容量 $\{(\phi_i, S_{\phi_i})\}$, ϕ_i 为分布式光伏接入节点的编号集合, S_{ϕ_i} 为分布式光伏相应节点的接入容量集合;

(3) 根据负荷模型和光伏出力模型,采用蒙特卡洛法抽样模拟各节点的日负荷曲线和光伏出力曲线,两者做差得到各节点的等效负荷曲线样本;

(4) 根据等效负荷曲线样本与原负荷曲线样本,计算各节点的置信日削峰度;

各节点的置信日削峰度的计算方法如下:

(4.1) 首先定义节点置信日削峰度为在设定置信水平下节点日削峰度的最大值;

(4.2) 针对配变低压侧和高压侧节点i的置信日削峰度 $X_{D,i}$,其计算公式如下:

$$X_{D,i} = \left\{ X_i \mid \int_{-\infty}^{X_i} f_i(x) dx = \alpha \right\} \quad (1)$$

式中: α 表示设定的置信度; $f_i(x)$ 表示在考虑光伏出力波动和负荷预测误差下i节点下送功率日削峰度x的概率密度函数; X_i 为与 $f_i(x)$ 对应的概率分布函数 $F_i(x)$ 在函数值为设定的 α 置信度条件下所确定的自变量的值;

(4.3) 针对配电网首端节点的置信日削峰度 X_{D0} ,其计算方法为①在光伏接入条件下根据各节点等效负荷曲线样本计算出各节点的八阶半不变量,②基于半不变量法的概率潮流计算方法得到首端节点下送功率在全天各断面下的概率密度函数,③根据首端节点下送功率在全天各断面下的概率密度函数,给定一置信度得到首端节点的置信日下送功率曲线,该功率曲线最大值记为 $S_{0,max,pv}$,最后重复①~③步骤计算不考虑光伏接入前提下的置信日下送功率曲线,最大值记为 $S_{0,max}$,则 $X_{D0} = S_{0,max} - S_{0,max,pv}$;

(5) 计算变电站、线路和配变单位削峰量的削峰效益,建立同时计及变电站、线路和配变三类设备总削峰效益的概率评估模型,计算配电网的置信日削峰效益;

步骤(5)中所建立的同时计及变电站削峰效益 B_S 、线路削峰效益 B_L 和配变削峰效益 B_T 三类设备的配电网总削峰效益 B_{PC} 的概率评估模型为:

$$B_{PC} = B_T + B_L + B_S \quad (2)$$

其中:

$$\begin{aligned} B_T &= \sum_{i=1}^{N_d} \alpha_i d_i R_T X_{D,i} \\ B_L &= \sum_{i=1}^{N_d} C_{LMCC,i} X_{D,i} \\ B_S &= s_0 R_S X_{D0} \end{aligned} \quad (3)$$

式中: α_i 为逻辑变量,表示分布式光伏接入的i节点为配变0.4kV低压侧母线时取值为1,为配变10kV高压侧母线时取值为0; d_i 为i节点单位削峰量的配变削峰效益; R_T 、 R_S 分别为配变、变电站投资的等年值系数; $X_{D,i}$ 表示节点i的置信日削峰度; N_d 为分布式光伏的并网点数

量; $C_{LMCC,i}$ 表示节点*i*的节点边际容量成本,其值近似为各节点单位削峰量的线路削峰效益; s_0 为线路首端节点单位削峰量的变电站削峰效益; X_{D0} 为线路首端节点的置信日削峰度;

(6) 重复步骤(3)~(5),评估不同天气类型下配电网的置信日削峰效益,然后考虑不同天气类型出现的概率,对配电网的置信日削峰效益期望进行评估;

所述的配电网置信日削峰效益期望 \bar{B}_E 的计算方法如下:

$$\bar{B}_E = \sum_{j=1}^n B_{PC,j} P_j \quad (4)$$

式中: $B_{PC,j}$ 表示第*j*种天气类型下的置信日削峰效益; P_j 表示在一个周期内第*j*种广义天气类型出现的概率; n 为广义天气类型数量。

计及分布式光伏随机性的配电网置信削峰效益评估方法

技术领域

[0001] 本发明涉及配电网的削峰效益评估方法领域,特别涉及一种计及分布式光伏随机性的概率评估方法。

背景技术

[0002] 在配电网优化规划和优化运行的相关研究中,配网削峰效益指标常作为电网侧总收益目标函数中的重要组成部分。分布式光伏作为清洁能源接入配网的渗透率日益增大,但由于其出力受光照等不确定因素的影响将具有较强的随机性。因此,对含分布式光伏的配网进行确定性的削峰效益评估不够贴切。

[0003] 目前,配网的削峰效益评估模型基本没考虑分布式光伏随机性对评估结果的影响,同时评估计算模型较为粗糙,或者忽略线路和配变方面的削峰效益只考虑变电站方面的削峰效益,或者采用配变、线路和变电站三方面的平均削峰效益去计算,而针对不同配网平均削峰效益的取值也难以确定。

[0004] 综上所述,现有的配网削峰效益评估模型和方法还需要进一步的改进。

发明内容

[0005] 本发明的目的在于改善配网削峰效益的评估模型,在计及分布式光伏随机性的基础上,旨在提供一种对分布式光伏接入配网不同位置和电压等级辨识能力更强的削峰效益评估方法。

[0006] 本发明提出一种计及分布式光伏随机性的配电网置信削峰效益的评估方法,包括以下步骤:

[0007] (1) 获取配电网的网架参数、负荷模型和光伏出力模型,网架参数包括配电网的线路阻抗、各配电变压器的阻抗;负荷模型为考虑负荷预测误差的负荷概率模型;光伏出力模型为考虑光伏出力波动性和时序性以及天气类型预测误差的光伏出力概率模型;

[0008] (2) 获取分布式光伏接入的节点编号和接入容量 $\{(\phi_i, S_{\phi_i})\}$, ϕ_i 为分布式光伏接入节点的编号集合, S_{ϕ_i} 为分布式光伏相应节点的接入容量集合;

[0009] (3) 根据负荷模型和光伏出力模型,采用蒙特卡洛法抽样模拟各节点的日负荷曲线和光伏出力曲线,两者做差得到各节点的等效负荷曲线样本;

[0010] (4) 根据等效负荷曲线样本与原负荷曲线样本,计算各节点的置信日削峰度;

[0011] (5) 计算变电站、线路和配变单位削峰量的削峰效益,建立同时计及变电站、线路和配变三类设备总削峰效益的概率评估模型,计算配网的置信日削峰效益;

[0012] (6) 重复步骤(3)~(5),评估不同天气类型下配电网的置信日削峰效益,然后考虑不同天气类型出现的概率,对配电网的置信日削峰效益期望进行评估。

[0013] 上述的计及分布式光伏随机性的配电网置信削峰效益评估方法中,所述的节点置信削峰度是指在设定置信水平下节点日削峰度的最大值,各节点的置信削峰度的计算方法

如下：

[0014] (1) 针对配变低压侧和高压侧节点*i*的置信日削峰度 $X_{D,i}$ ，其计算公式如下：

$$[0015] \quad X_{D,i} = \left\{ X_i \mid \int_{-\infty}^{X_i} f_i(x) dx = \alpha \right\} \quad (1)$$

[0016] 式中： α 表示设定的置信度； $f_i(x)$ 表示在考虑光伏出力波动和负荷预测误差下*i*节点下送功率日削峰度 x 的概率密度函数； X_i 为与 $f_i(x)$ 对应的概率分布函数 $F_i(x)$ 在函数值为设定的 α 置信度条件下所确定的自变量的值。

[0017] (2) 针对配网首端节点的置信日削峰度 X_{D0} ，其计算方法为①在光伏接入条件下根据各节点等效负荷曲线样本计算出各节点的八阶半不变量，②基于半不变量法的概率潮流计算方法得到首端节点下送功率在全天各断面下的概率密度函数，③根据首端节点下送功率在全天各断面下的概率密度函数，给定一置信度得到首端节点的置信日下送功率曲线，该曲线最大值记为 $S_{0,\max,pv}$ ，最后重复①~③步骤计算不考虑光伏接入前提下的置信日下送功率曲线，最大值记为 $S_{0,\max}$ ，则 $X_{D0} = S_{0,\max} - S_{0,\max,pv}$ 。

[0018] 上述的计及分布式光伏随机性的配电网置信削峰效益评估方法中，所述同时计及变电站削峰效益 B_S 、线路削峰效益 B_L 和配变削峰效益 B_T 三类设备的配网总削峰效益 B_{PC} 的概率评估模型为：

$$[0019] \quad B_{PC} = B_T + B_L + B_S \quad (2)$$

[0020] 其中：

$$[0021] \quad \begin{aligned} B_T &= \sum_{i=1}^{N_d} \alpha_i d_i R_T X_{D,i} \\ B_L &= \sum_{i=1}^{N_d} C_{LMCC,i} X_{D,i} \\ B_S &= s_0 R_S X_{D0} \end{aligned} \quad (3)$$

[0022] 式中： α_i 为逻辑变量，表示分布式光伏接入的*i*节点为配变0.4kV低压侧母线时取值为1，为配变10kV高压侧母线时取值为0； d_i 为*i*节点单位削峰量的配变削峰效益(单位为元/kW)； R_T 、 R_S 分别为配变、变电站投资的等年值系数； $X_{D,i}$ 表示节点*i*的置信日削峰度(单位为kW)； N_d 为分布式光伏的并网点数量； $C_{LMCC,i}$ 表示节点*i*的节点边际容量成本等年值，其值近似为各节点单位削峰量的线路削峰效益等年值(单位为元/kW)； s_0 为线路首端节点单位削峰量的变电站削峰效益(单位为元/kW)； X_{D0} 为线路首端节点的置信日削峰度。

[0023] 上述的配网置信日削峰效益期望 $\overline{B_E}$ 的计算方法如下：

$$[0024] \quad \overline{B_E} = \sum_{j=1}^n B_{PC,j} P_j \quad (4)$$

[0025] 式中： $B_{PC,j}$ 表示第*j*种天气类型下的置信日削峰效益； P_j 表示在一个周期内第*j*种广义天气类型出现的概率； n 为广义天气类型数量。

[0026] 与现有技术相比，本发明的有益效果在于：

[0027] (1) 通过考虑负荷和天气类型的预测误差以及光伏出力的随机性对配网削峰效益的影响，能够给出在某置信水平下的配网削峰效益，概率评估模型更贴合实际；

[0028] (2) 所建立的配网削峰效益概率评估模型通过考虑变电站、线路和配变三类设备

的削峰效益,能够有效地辨识出分布式光伏以不同位置 and 不同电压等级接入对配网削峰效益的影响差异,模型可有效地用于分布式光伏的选址定容规划研究中。

附图说明

[0029] 图1是本发明提供的计及分布式光伏随机性的配电网置信削峰效益评估方法的流程图示意图。

[0030] 图2是某10kV配网线路拓扑结构示意图。

[0031] 图3是配网中不同负荷类型的负荷曲线形状。

具体实施方式

[0032] 以下结合附图和实例对本发明的具体实施做进一步说明,需指出的是,以下若有未特别详细说明之处(如图2中的符号)均是本领域技术人员可以根据现有技术理解或实现的。

[0033] 图1反映了计及分布式光伏随机性的配电网置信削峰效益评估方法的具体流程,包括如下步骤:

[0034] (1) 获取配电网的网架参数、负荷模型和光伏出力模型,网架参数包括配电网的线路阻抗、各配电变压器的阻抗;负荷模型为考虑负荷预测误差的负荷概率模型;光伏出力模型为考虑光伏出力波动性和时序性以及天气类型预测误差的光伏出力概率模型;

[0035] (2) 获取分布式光伏接入的节点编号和接入容量 $\{(\phi_i, S_{\phi_i})\}$, ϕ_i 为分布式光伏接入节点的编号集合, S_{ϕ_i} 为分布式光伏相应节点的接入容量集合;

[0036] (3) 根据负荷模型和光伏出力模型,采用蒙特卡洛法抽样模拟各节点的日负荷曲线和光伏出力曲线,两者做差得到各节点的等效负荷曲线样本;

[0037] (4) 根据等效负荷曲线样本与原负荷曲线样本,计算各节点的置信日削峰度;

[0038] (5) 计算变电站、线路和配变单位削峰量的削峰效益,建立同时计及变电站、线路和配变三类设备总削峰效益的概率评估模型,计算配网的置信日削峰效益;

[0039] (6) 重复步骤(3)~(5),评估不同天气类型下配电网的置信日削峰效益,然后考虑不同天气类型出现的概率,对配电网的置信日削峰效益期望进行评估。

[0040] 以下是本发明方法的一个实际算例,以某10kV配网线路为例进行评估计算,图2给出了该配电网的拓扑结构。

[0041] (1) 获取配电网的网架参数如图2所示,其中主干线线型为LGJ-240,支干线线型为LGJ-120,线路参数如表1所示,各支路的长度在图中已给出,各节点负荷全天取96个断面,有功负荷全天最大值为配变容量的60%,负荷功率因数为0.95,负荷出力模型的预测误差为5%,配网区域是晴天的概率为12.8%,阴天概率为50.4%、变化天气的概率为36.8%;

[0042] 表1线路参数

主干线路型号	r (Ω/km)	x (Ω/km)	b(s/km)	载流量(A)	造价 (万元/km)
LGJ-240	0.132	0.373	2.76E-06	610	15
LGJ-120	0.285	0.392	2.69E-06	380	9.5

[0044] (2) 获取分布式光伏接入的节点编号和接入容量如表2所示,其中场景1为光伏在

10kV母线接入配网末端的工业负荷区域1处(如图2所示),其他区域节点的负荷类型为综合负荷,工业负荷和综合负荷曲线形状如图3所示。另外设置场景2和3作为对照组分别进行削峰效益评估,下面以晴天天气下的场景1为例说明评估步骤。

[0045] 表2不同场景下光伏接入信息

场景	区域类型	接入节点编号和容量(MW)	接入位置	接入电压等级
[0046] 1	工业负荷区域 1	{(42, 0.3)、(15, 0.3)、 (16, 0.3)}	配网末端	0.4kV
2	工业负荷区域 2	{(32, 0.3)、(33, 0.3)、 (34, 0.3)}	配网中部	0.4kV
3	工业负荷区域 1	{(43, 0.3)、(44, 0.3)、 (45, 0.3)}	配网末端	10kV

[0047] (3) 根据负荷模型和光伏出力模型,采用蒙特卡洛法抽样10000次,模拟各节点的日负荷曲线和光伏出力曲线,两者做差得到各节点的等效负荷曲线样本10000个。

[0048] (4) 根据等效负荷曲线样本与原负荷曲线样本,取置信度为0.9,计算各节点在晴天天气下的置信日削峰度如表3所示。

[0049] 表3节点置信日削峰度

节点	置信削峰度(%)	置信削峰量(kW)
[0050] 32	27.6	16.56
33	27.6	16.56
34	27.5	16.50
首端节点	5.65	359

[0051] (5) 根据配网削峰效益的概率评估模型,计算配网在晴天天气下的置信日削峰效益。

[0052] (5-1) 计算变电站和配变单位削峰量的削峰效益,结果如表4所示,其中等年值系数的计算公式如下:

$$[0053] \quad R = \frac{\eta(1+\eta)^T}{(1+\eta)^T - 1} \quad (1)$$

[0054] 式中, η 表示折现率,取8%, T 为设备的投资回报年限,取值如表4所示。

[0055] 表4各设备单位削峰量的削峰效益

设备	投资回报年限(年)	等年值系数	单位削峰量的削峰效益 (元/kW)
[0056] 变电站	30	0.09	400
配变	10	0.15	200

[0057] (5-2) 计算各节点的节点边际容量成本,其值近似为各节点单位削峰量的线路削峰效益,结果如表5所示:

[0058] 表5单位削峰量的线路削峰效益

	节点	单位削峰量的线路削峰效益(元/kW)
[0059]	32	19.6
	33	20.0
	34	20.6

[0060] (5-3) 计算配网在晴天天气下的置信日削峰效益,结果如表6场景1的第1行所示:
[0061] 表6单位削峰量的线路削峰效益

场景	天气	配变削峰效益 (万元/年)	线路削峰效益 (万元/年)	变电站削峰效益 (万元/年)	配网置信日削峰效益 (万元/年)
[0062] 场景 1	晴天	0.00	0.37	1.29	1.66
	阴天	0.00	0.22	0.34	0.56
	变化天气	0.00	0.30	0.87	1.17
	期望	0.00	0.27	0.66	0.93
场景 2	晴天	0.00	0.10	1.27	1.37
	阴天	0.00	0.07	0.34	0.40
	变化天气	0.00	0.09	0.85	0.94
	期望	0.00	0.08	0.64	0.72
场景 3	晴天	0.21	0.37	1.29	1.87
	阴天	0.13	0.22	0.34	0.69
	变化天气	0.17	0.30	0.87	1.35
	期望	0.15	0.27	0.66	1.08

[0063] (6) 重复步骤(3)~(5)计算出不同天气类型下配网的置信日削峰效益,结果如表6场景1的第2、3行所示,然后考虑不同天气类型出现的概率,计算出配网的置信日削峰效益期望,计算结果如表6场景1的第4行所示。

[0064] 为进一步体现本发明的有益效果,增加场景2和场景3分别与场景1进行对照说明,其中场景2为光伏在10kV母线接入配网中部的工业负荷区域2中,场景3为光伏在0.4kV母线接入配网末端的工业负荷区域1中,不同场景下光伏接入信息如表2和图2所示,评估结果如表6所示。

[0065] 由表6可知,不同天气类型下,含分布式光伏配电网的置信削峰效益差别较大,晴天削峰效益约为阴天的3倍,变化天气约为阴天的2倍;由场景1和场景2可知,相同容量的分布式光伏接入配网末端的削峰效益比接入配网中部的要大,且光伏接入位置越靠近线路末端,配变和线路方面的削峰效益占总削峰效益的比重将逐渐增大,最大可达到60%左右,因此,尤其当光伏接入线路末端时,线路和配变方面的削峰效益不能忽略;由场景1和3可知,相同容量的分布式光伏接入同一区域的0.4kV母线比接入10kV母线的削峰效益要增加50%左右;综上所述,本发明的评估模型由于考虑了配变和线路方面的削峰效益,在配网总削峰效益方面对分布式光伏以不同位置和电压等级接入具有辨识能力。

[0066] 上述实施例为本发明较佳的实施方式,但本发明的实施方式并不受上述实施例的限制,其他任何未背离本发明的精神实质和原理下所作的修改、修饰、替代、组合、简化,均应为等效的置换方式,都应包含在本发明的保护范围之内。

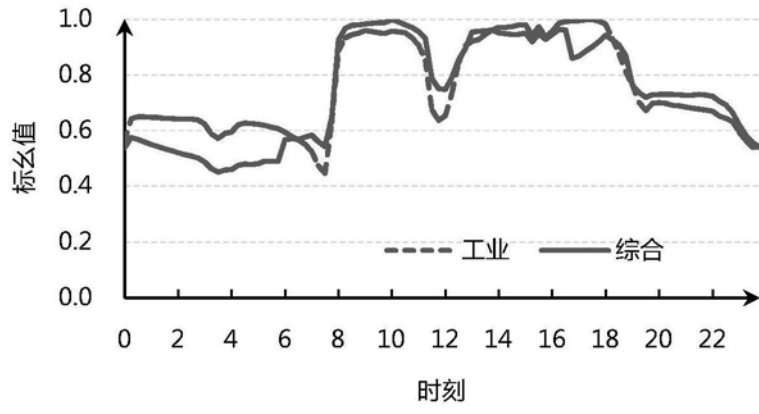


图3