

分布式电源在农村电力网中的优化配置方法

孟晓芳¹, 朴在林^{1*}, 解东光², 石敏慧¹

(1. 沈阳农业大学信息与电气工程学院, 沈阳 110161; 2. 东北电力大学电气工程学院, 吉林 132012)

摘要: 为了提高配电网的电压质量、可靠性、经济性及能源使用效率, 分布式电源 (DG) 在农村电力网中的应用是电力系统发展的必然趋势。该文给出了适合中国农村电力网的 DG 类型, 提出一种在农村电力网中配置 DG 的方法, 建立了 DG 对节点电压、网络损耗及短路电流影响的综合评价模型, 应用节点优先等级描述 DG 影响的程度。在满足一定优先等级的前提下, 根据年电能损失最小及配置分布式电源的年经济效益最大的原则确定 DG 的安装位置及容量。并且以农村电力网的实际干线为例, 在安装 DG 总容量相同的情况下, 将单点配置 DG、两点配置 DG 及三点配置 DG 对节点电压的改善和电能损失减小的程度进行了计算和对比分析, 结果表明, 该文提出的方法改善节点电压及减小电能损失效果明显, 而且对农村电力网的运行影响较小。该方法对 DG 在农网中的配置有着一定的实用价值。

关键词: 分布式电源, 经济和社会效益, 损失, 电网, 农村电力网, 节点优先等级

doi: 10.3969/j.issn.1002-6819.2010.08.041

中图分类号: TM727.1

文献标识码: A

文章编号: 1002-6819(2010)-08-0243-05

孟晓芳, 朴在林, 谢东光, 等. 分布式电源在农村电力网中的优化配置方法[J]. 农业工程学报, 2010, 26(8): 243-247.
Meng Xiaofang, Piao Zailin, Xie Dongguang, et al. Distributed generation optimal placing approach in rural power network[J]. Transactions of the CSAE, 2010, 26(8): 243-247. (in Chinese with English abstract)

0 引言

分布式电源 (DG) 是一种分散配置在配电系统中的小规模发电系统^[1]。目前, 欧美等发达国家在 DG 方面取得了突破性进展, 分布式发电设备制造技术日趋成熟, DG 接入电网的比例较高, 欧洲部分国家分布式电源的装机容量已接近或超过其总装机容量的 50%, 而且出现了分布式能源入网的标准^[2-3]。中国已经明确提出了开展 DG 供能技术方面的研究工作, 包括 DG 系统与大电网的并网, 以及并网运行后 DG 系统的优化、协调和控制等方面的研究^[3]。

DG 包括再生能源发电 (如风能、太阳能、海洋能等) 和不可再生能源发电 (如内燃机、微型燃气轮机、燃料电池等), 目前国际上主要采用再生能源发电^[4]。DG 可以直接连接到变电所、配电线路或用户^[5]。DG 的应用可以提高配电网的电压质量、可靠性、经济性、能源使用效率^[6-7]。但是, DG 在配电网中的应用影响了配电网的电压分布及调节^[8-9]、继电保护^[10]、潮流分布^[11]、对配电网规划设计及商业运营^[12]等, 给配电网的运行带来一系列新的技术问题。而 DG 的优化配置对配电网的各项指标及运行情况起到决定性的作用, 很显然在 DG 优化配置时需要考虑技术上的可行性、DG 的安装位置和容量、电压

及短路电流等限制条件^[8,13-15]。

中国地域辽阔, 具有丰富的清洁能源。这些能源多处于广大的农村, 分布式电源在农村电力网 (以下简称农网) 接入是必然的。本文研究的目的是根据中国农村电力网的特点给出 DG 的类型, 以电能损失最小及年经济效益最大为目标确定 DG 的安装位置及安装容量。同时, 在配置 DG 时, 综合考虑 DG 对节点电压、电能损失及短路电流的综合影响。

1 DG 类型的选择

DG 的容量以及与电力系统的连接方式见表 1 所示^[7,16]。

表 1 分布式电源的容量以及与电力系统的连接

种类	典型容量范围	与电力系统的连接
太阳能	$>10^3 \sim <1000 \text{ kW}$	DC-AC 转换
风能	$>10^4 \sim <10 \text{ MW}$	异步/同步发电机
地热	$>10^4 \sim <10 \text{ MW}$	同步发电机
海洋能	$>10^4 \sim <10 \text{ MW}$	四级, 同步发电机
联合循环发电	$>10 \sim <1000 \text{ MW}$	同步发电机
燃气轮机	$>1 \sim <1000 \text{ MW}$	同步发电机
微型燃气轮机	$>0.01 \sim <10 \text{ MW}$	AC-AC 转换
燃料电池	$>0.01 \sim <100 \text{ MW}$	DC-AC 转换

收稿日期: 2009-11-18 修订日期: 2010-08-10

作者简介: 孟晓芳 (1974—), 女, 内蒙古察右前旗人, 博士生, 主要从事农村电力网规划和电能质量的研究。沈阳 沈阳农业大学信息与电气工程学院, 110866。Email: xfmeng123@126.com

*通信作者: 朴在林 (1955—), 辽宁沈阳人, 教授, 博士生导师, 主要从事农业电气化与自动化的研究。沈阳 沈阳农业大学信息与电气工程学院, 110866。Email: piaozl@china.com

中国西藏、新疆、青海、宁夏和内蒙等地区属风能或太阳能资源丰富地区, 因此适合中国农村电力网的主要是风能及太阳能。另外, 在天然气丰富的地方可以采用微型燃气轮机。

在应用分布式电源时, 为了减小分布式电源对网络

潮流、电压分布、馈线热极限和继电保护等方面的影响，需要考虑 DG 的持续运行时间。

2 配置 DG 的数学模型

根据中国农村电力网的结构及运行特点^[17]，以独立树干或干线为单位配置 DG，设干线的独立节点总数为 N 。在确定 DG 的安装位置及容量时，需要综合考虑 DG 对电压分布、降损效果、短路电流以及负荷不确定性的影响。

2.1 DG 影响的综合评价模型

本文定义描述各节点所配置 DG 对电压分布、降损效果、短路电流的综合影响程度为节点的优先等级，优先等级高的节点优先考虑安装 DG。

设干线各节点安装单位容量的 DG， Z_i 为干线节点 i 安装 DG 的优先等级，节点 i 安装 DG 对干线电压分布的影响用 VZ_i 表示，对干线损耗的影响用 LZ_i 表示，对短路电流的影响用 SZ_i 表示，则

$$Z_i = w_1 VZ_i + w_2 LZ_i + w_3 SZ_i \quad (1)$$

$$VZ_i = \frac{1}{N} \left(\sum_{k=1}^N \frac{V_k^i - V_k^0}{V_e} \right) \quad (2)$$

$$LZ_i = \frac{\Delta P_0 - \Delta P_i}{\Delta P_0} \quad (3)$$

$$SZ_i = 1 - \frac{\max_{1 \leq k \leq N} \{I_k^i / I_k^0\}}{I_* / I_*^0} \quad (4)$$

式中： w_1 、 w_2 、 w_3 ——权系数， w_1 、 w_2 、 $w_3 \geq 0$ ； V_e ——干线的额定电压，kV； V_k^0 ——未安装 DG 前节点 k 的电压，kV； V_k^i ——节点 i 安装 DG 后节点 k 的电压，kV； ΔP^0 ——未安装 DG 前干线的总损耗，kW； ΔP_i ——节点 i 安装 DG 后干线的总损耗，kW； I_k^i ——节点 i 安装 DG 后节点 k 的三相短路电流，A； I_k^0 ——未安装 DG 前节点 k 的三相短路电流，A； I_* ——节点 i 安装 DG 后节点 k 的最大三相短路电流，A； I_*^0 ——未安装 DG 前节点 k 的最大三相短路电流，A， $I_* / I_*^0 = \max_{1 \leq i \leq N} \{ \max_{1 \leq k \leq N} \{ I_k^i / I_k^0 \} \}$ 。

显然，根据式 (1) ~ (4) 确定的优先等级越高的节点，安装 DG 后越利于网络运行。 VZ_i 和 LZ_i 根据文献 [17] 中所述方法计算，短路电流利用文献 [15] 中方法计算。

2.2 DG 的安装位置及容量的数学模型

1) 目标函数

配置 DG 后，可以改变潮流分布，影响网损，在确定节点 i 的 DG 安装容量时首先要满足年电能损失 ΔA 最小的原则，目标函数如下

$$\min \Delta A = \sum_{m=1}^{level} \Delta P_{DG,m} \cdot T_m \cdot \beta_1 \quad (5)$$

式中： $level$ ——年负荷水平的数量； T_m ——负荷水平为 m 时的年运行时间，h； $\Delta P_{DG,m}$ ——增设 DG 后负荷水平 m 时的网络有功损耗，kW； β_1 ——有功电价，元/(kW·h)。

在确定 DG 的最佳安装容量时，还需要考虑经济效益，以年经济效益最高为基础来确定 DG 的最佳安装容量，综合考虑安装费用、运行维护费用及电能损失，目

标函数如下

$$\min C = C_E - C_{DG} \quad (6)$$

式中： C ——配置 DG 后每年的收益，元； C_{DG} ——配置 DG 每年所消耗的费用，元； C_E ——每年因配置 DG 后电能损失减少所节省的电能费用，元。 C_{DG} 和 C_E 如下式所示

$$\begin{cases} C_{DG} = \sum_{i \in \Omega} P_{DG,i} \cdot K_{DG} \cdot K_e + \sum_{i \in \Omega} P_{DG,i} \cdot K_{aDG} \cdot K_{DG} \\ C_E = \sum_{m=1}^{level} [(\Delta P_{0,m} - \Delta P_{DG,m}) T_m \beta_1 + (\Delta Q_{0,m} - \Delta Q_{DG,m}) T_m \beta_2] \end{cases} \quad (7)$$

式中： $P_{DG,i}$ ——节点 i 安装 DG 的容量，kW； Ω ——按照优先等级的高低排列的节点集合； K_{DG} ——单位容量 DG 的综合投资，元/kW； K_e ——年投资回收期； P_{aDG} ——DG 的年运行维护费用率； $\Delta P_{0,m}$ ——增设 DG 前负荷水平 m 时的网络有功损耗，kW； $\Delta Q_{0,m}$ 、 $\Delta Q_{DG,m}$ ——增设 DG 前后负荷水平 m 时的网络无功损耗，kvar； β_2 ——无功电价， $\beta_2 = \beta_1 / \tan \varphi$ ， φ ——网络的功率因数角，元/(kvar·h)。

2) 约束条件

在确定 DG 容量时，需要考虑功率平衡、节点电压、线路传输功率、DG 容量的限制，具体数学模型如下

$$\begin{cases} \sum P_L + \sum \Delta P - P_S - \sum P_{DG} = 0 \\ \sum Q_L + \sum \Delta Q - Q_S - \sum Q_{DG} = 0 \\ U_{\min,i} \leq U_i \leq U_{\max,i} \\ I_{l,m} \leq I_{l,\max} \\ \sum_{i \in \Omega} P_{DG,i} \leq P_{DG\Sigma,\max} \\ P_{DG\min,i} \leq P_{DG,i} \leq P_{DG\max,i} \end{cases} \quad (8)$$

式中： P_{DG} 和 Q_{DG} ——DG 所发出的有功 (kW) 和无功功率 (kvar)； P_L 和 Q_L ——负荷的有功 (kW) 和无功功率 (kvar)； P_S 和 Q_S ——系统输送的有功 (kW) 和无功功率 (kvar)； ΔP 和 ΔQ ——有功 (kW) 和无功功率损耗 (kvar)； U_i ——节点 i 的电压，kV； $U_{\min,i}$ 和 $U_{\max,i}$ ——分别为节点 i 允许的最小电压和最大电压，取值同文献 [17]，kV； $I_{l,m}$ 和 $I_{l,\max}$ ——支路 l 在负荷水平 m 时的电流和支路 l 的最大电流，A； $P_{DG\Sigma,\max}$ ——安装 DG 的总容量，kW； $P_{DG\min,i}$ 、 $P_{DG\max,i}$ ——节点 i DG 可安装容量的最小和最大容量，kW。

3 DG 安装位置及容量的确定

3.1 各节点配置 DG 的容量范围

1) 节点 DG 的最大安装容量

在满足式 (8) 的前提下，求解式 (5) 所示目标函数，根据下式确定节点 i 安装 DG 的最大容量 $P_{DG\max,i}$

$$\frac{\partial \Delta A}{\partial P_{DG,i}} = 0 \quad (i \in \Omega) \quad (9)$$

并根据 Ω 中各节点的顺序，形成集合 $B = \{P_{DG\max,i}\}$ 。

2) 节点 DG 的最佳安装容量

在满足式 (8) 的前提下，求解式 (6) 所示目标函数，利用下式确定各节点安装 DG 的最佳容量 $P_{DG0,i}$

$$\begin{cases} \frac{\partial C}{\partial P_{DG,i}} = 0 \\ \frac{\partial C_E}{\partial P_{DG,i}} \geq \frac{\partial C_{DG}}{\partial P_{DG,i}} \end{cases} \quad (i \in \Omega) \quad (10)$$

并根据 Ω 中各节点的顺序，形成集合 $D = \{P_{DGO,i}\}$ 。

设节点 i 安装 DG 的容量为 $P_{DG,i}$ ，显然， $P_{DGO,i} \leq P_{DG,i} \leq P_{DGmax,i}$ 。

3.2 DG 的安装位置及容量

根据系数 λ_1 将 Ω 划分为 Ω_1 和 Ω_2 ，使得任意的节点 $i \in \Omega_2$ ，其优先等级 $Z_i \geq \lambda_1$ 。同理根据 λ_2 、 λ_3 将 B 划分为 B_1 和 B_2 将 D 分为 D_1 和 D_2 使得任意的节点 $i \in B_2$ 时， $P_{DGmax,i} \geq \lambda_2 \cdot P_{DG\Sigma,max}$ ，节点 $i \in D_2$ 时， $P_{DGO,i} \geq \lambda_3 \cdot P_{DG\Sigma,max}$ ，则可以配置 DG 的节点集合为 $U = \Omega_2 \cap B_2 \cap D_2$ 。第一个配置 DG 的节点 j 选择为

$$\frac{\partial C}{\partial P_{DG,j}} K_j = \max \left\{ \frac{\partial C}{\partial P_{DG,i}} K_i, i \in U \right\} \quad (11)$$

式中 K_i 和 K_j ——分别为节点 i 和 j 允许的配置 DG 的系数； $P_{DG,j}$ ——节点 j 安装 DG 的容量，kW。

依次可选择其他的配置 DG 的节点，设配置 DG 的节点集合为 O_{DG} 。

在各节点配置 DG 的容量范围内，根据各节点的安装 DG 的年经济效益 C 相等的原则确定 DG 的配置容量，即

$$C = \frac{\partial C}{\partial P_{DG,i}} P_{DG,i} \quad (i \in O_{DG}) \quad (12)$$

3.3 计算步骤

利用上面的分析给出本文提出算法的计算步骤为：

- 1) 进行潮流分析，确定网络的初始节点电压及潮流分布；
- 2) 根据式 (1) ~ (4) 确定网络各节点的优先等级；
- 3) 确定各节点安装 DG 的最大容量及最佳容量；
- 4) 形成集合 Ω_2 、 B_2 、 D_2 及 U ；
- 5) 根据式 (11) 确定配置 DG 的节点；
- 6) 根据式 (12) 确定配置 DG 节点的 DG 安装容量；
- 7) 重新分析电压降和电能损失，进行结果比较。

4 算例分析

以文献[17]中图 3 所示网络以及其 2008 年数据为例进行分析，负荷曲线采用三阶梯曲线^[17]，即年负荷水平的数量 $level$ 取为 3。在 $P_{DG\Sigma,max}$ 相同的条件下，分别分析了单个节点集中配置 DG、2 个节点及 3 个节点分散配置 DG，以下分别简称为单点配置 DG、两点配置 DG 及三点配置 DG。

有功电价 β_1 取为 0.5 元/(kW·h)，DG 的单位容量的综合投资 K_{DG} 取为 6 020 元/kW，DG 的年运行维护费用率 K_{aDG} 取为 0.003，年投资回收期 K_e 取为 0.05；年运行小时数 T 取为 8 760 h，DG 的功率因数取为 0.9。

网络各节点的优先等级如图 1 中曲线 1 所示，节点 42~78 的优先等级大于 0.9， $\lambda_1=0.9$ ，图中红色虚线上方曲线对应的节点形成集合 Ω_2 。

网络中的节点 i 安装 DG 的最大容量 $P_{DGmax,i}$ 和最佳容量 $P_{DGO,i}$ 分别如图 2 中曲线 1 和曲线 2 所示。 $P_{DG\Sigma,max}$ 取为最大有功负荷的 30%，即 783.873 kW， $\lambda_3=1/6$ ，单点配置 DG 时 $\lambda_2=1$ ，其他情况 $\lambda_2=1/2$ 。图 2 中直线 1、直线 2、直线 3 分别对应 $P_{DG\Sigma,max}/6$ 、 $P_{DG\Sigma,max}/2$ 和 $P_{DG\Sigma,max}$ 。显然，直线 1 上方曲线 1 对应节点集为 D_2 ，直线 2 或直线 3 上方曲线 1 对应节点集为 B_2 ，于是可以确定配置 DG 的节点集合 U 。

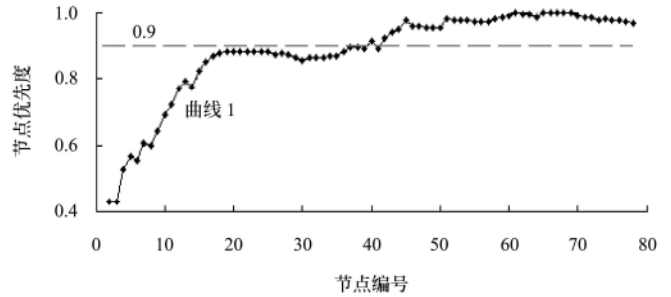


图 1 节点优先等级曲线
Fig.1 Curve of node priority

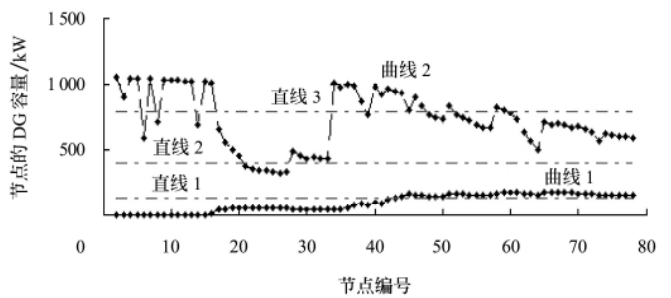


图 2 各节点配置 DG 的容量曲线
Fig.2 Curve of DG capability integrated to every node

所分析网络的 DG 安装位置及容量如表 2 所示，不同配置方式时降损效果及电压改善程度的结果见表 3、4 所示。

表 2 DG 安装位置及容量 (2008 年)

Table 2 Siting and sizing of DG units in 2008

名称	节点编号	DG 容量/kW
单点配置 DG	59	783.8730
2 点配置 DG	65	375.2273
	51	408.6457
3 点配置 DG	65	258.9045
	61	261.5319
	46	263.4366

表 3 最小节点电压的比较

Table 3 Comparison to the minimum node voltage

类型	干线的最小节点电压/kV			
	配置 DG 前	配置 DG 后		
		单点配置DG	2点配置DG	3点配置DG
最小负荷	10.80708	10.93931	10.93934	10.93937
中间负荷	10.77978	10.91384	10.91386	10.91389
最大负荷	10.69296	10.83695	10.83699	10.83702

配置 DG 后与配置 DG 前的最小节点电压、有功和无功损耗的结果比较如表 3、4 所示。

从表 3、4 可以看出配置 DG 改善了节点电压,降低

了有功和无功损耗,而且在 DG 容量相同的情况下,3 点配置 DG 优于 2 点配置 DG,2 点配置 DG 优于单点配置 DG,但是降损效果及电压改善程度降低了。

表 4 损耗及费用分析(2008 年)
Table 4 Power loss and cost analysis in 2008

类型	配置 DG 前干线的功率损耗		配置 DG 后干线的功率损耗					
	$\sum \Delta P/\text{kW}$	$\sum \Delta Q/\text{kvar}$	单点配置 DG		2 点配置 DG		3 点配置 DG	
			$\sum \Delta P/\text{kW}$	$\sum \Delta Q/\text{kvar}$	$\sum \Delta P/\text{kW}$	$\sum \Delta Q/\text{kvar}$	$\sum \Delta P/\text{kW}$	$\sum \Delta Q/\text{kvar}$
最小负荷	10.98344	13.22364	2.604420	2.677439	2.334111	2.397104	2.153490	2.209809
中间负荷	15.09529	18.18606	3.146330	3.249868	2.833092	2.924787	2.664650	2.749866
最大负荷	29.72212	35.82965	8.796739	9.854258	8.374317	9.415236	8.236593	9.271698
总损耗	55.80085	67.23935	14.547489	15.781565	13.541520	14.737154	13.054733	14.231373
电能损失/元	77 631.2733	45 303.8887	19 374.7318	10 092.9913	17 930.2001	9 366.7049	17 212.7245	9 005.7064
电能损失率/%	100	100	24.957	22.278	23.097	20.675	22.172	19.878

注: ΔP ——有功功率损耗; ΔQ ——无功功率损耗。

5 结论

本文研究了农村电力网中 DG 的配置问题,利用网络的节点优先度评价 DG 对节点电压、功率损耗以及短路电流的影响,根据年电能损失 ΔA 最小及年经济效益最高的原则确定安装 DG 的容量范围,然后以经济效益最高和费用相等原则确定安装 DG 的位置和容量。通过算例分析得出以下结论:

1) 在农村电力网中合理地配置 DG 可以减小电能损失、改善电压质量,为了保证改善节点电压和降低功率损耗的效果好,并且短路电流尽可能小,要求配置 DG 的节点优先度不低于 0.9。

2) 在配置 DG 时,可以单点集中配置,也可以多点分散配置,在相同的 DG 容量的前提下, DG 的配置越分散对减小电能损失、改善电压质量的效果越明显,但是考虑到改善的幅度越来越小,建议单点配置 DG,最多采用三点配置 DG。

下一步的工作是研究 DG 和负荷的协调控制,并且确定 DG 对干线继电保护的影响,以保证网络的正常运行以及安全性。

[参 考 文 献]

- [1] Celli G, Pilo F. Optimal distributed generation allocation in MV distribution networks[C]// 22nd IEEE Power Engineering Society international Conference on Power Industry Computer Application. Sydney, NSW, Australia: [s.n.], 2001: 81-86.
- [2] 鲁宗相, 王彩霞, 闵勇, 等. 微电网研究综述[J]. 电力系统自动化, 2007, 31(19): 100-107.
Lu Zhongxiang, Wang Caixia, Min Yong, et al. Overview on Microgrid Research[J]. Automation of Electric Power System, 2007, 31(19): 100-107. (in Chinese with English abstract)
- [3] 王成山, 王守相. 分布式发电供能系统若干问题研究[J]. 电力系统自动化, 2008, 32(20): 1-4, 31.
Wang Chengshan, Wang Shouxiang. Study on some key problems related to distributed generation systems[J].

- Automation of Electric Power System, 2008, 32(20): 1-4, 31. (in Chinese with English abstract)
- [4] Hans B P, Paul R M, Lambert F C. Distributed generation: Semantic hype or the dawn of a new era[J]. IEEE power and energy magazine, 2003, (1): 22-26.
- [5] Yasin Z M, Rahman T K A. Service restoration in Distribution Network with Distributed Generation[C]// 4th Student Conference on Research and Development. Shah Alam, Selangor: [s.n.], 2006: 200-205.
- [6] Barker P P, Mello R W D. Determining the impact of distributed generation on power systems in radial distribution systems[J]. IEEE Power Engineering Society Summer Meeting, 2000, 3: 1645-1656.
- [7] Hugo A G, Geza J. Models for Quantifying the Economic Benefits of Distributed Generation[J]. IEEE Transactions on Power Systems, 2008, 23(2): 327-335.
- [8] Berg A, Krahl S, Paulun T. Cost-efficient integration of distributed generation into medium voltage networks by optimized network planning[M]. Frankfurt: CIRED Seminar 2008: SmartGrids for Distribution. 2008: 1-4.
- [9] Senjyu T, Miyazato Y, Yona A, et al. Optimal distribution voltage control and coordination with distributed generation[J]. IEEE Transactions on Power Delivery, 2008, 23(2): 1236-1242.
- [10] Brahma S M, Corgis A A. Development of adaptive protection scheme for distribution systems with high penetration of distributed generation[J]. IEEE Transaction on power Delivery, 2004, 19(1): 56-63.
- [11] Carpaneto E, Chicco G J S, Akilimali. Branch current decomposition method for loss allocation in radial distribution systems with distributed generation[J]. IEEE Transactions on Power Systems, 2006, 21(3): 1170-1179.
- [12] Ault G W, McDonald J R, Burt G M. Strategic analysis framework for evaluating distributed generation and utility strategies[J]. IEEE Proceeding Generation Transmission Distribution, 2003, 150(4): 475-481.
- [13] Carpinelli G, Celli G, Pilo F, et al. Distributed generation siting and sizing under uncertainty[J]. 2001 IEEE Porto Power Tech Conference 10th-13th September, Porto,

- Portugal, 2001,(4): 7—14.
- [14] Bhowmik A, Maitra A, Halpin S M, et al. Determination of allowable penetration levels of distributed generation resources based on harmonic limit considerations[J]. IEEE Transactions on Power Delivery, 2003, 18(2): 619—624.
- [15] 陈海焱, 陈金富, 杨雄平, 等. 配电网中计及短路电流约束的分布式发电规划[J]. 电力系统自动化, 2006, 30(21): 16—21.
- Chen Haiyan, Chen Jinfu, Yang Xingping, et al. Planning for distribution generation in distribution network with short-circuit current constraints[J]. Automation of Electric Power Systems, 2006, 30(21): 16—21. (in Chinese with English abstract)
- [16] 李俊峰, 时璟丽, 施鹏飞, 等. 风力 12 在中国[M]. 北京: 化学工业出版社, 2005.
- [17] 孟晓芳, 朴在林, 王珏. 计及负荷不确定性的农网无功优化方法[J]. 农业工程学报, 2009, 25(9): 182—187.
- Meng Xiaofang, Piao Zailin, Wang Jue. Reactive power optimal approach in rural power network considering load uncertainty[J]. Transactions of the CSAE, 2009, 25(9): 182—187. (in Chinese with English abstract)

Distributed generation optimal placing approach in rural power network

Meng Xiaofang¹, Piao Zailin^{1*}, Xie Dongguang², Shi Minghui¹

(1. College of Information and Electric Engineering, Shenyang Agricultural University, Shenyang 110161, China;

2. College of Electric Engineering, Northeast Danli University, Jilin 132012, China)

Abstract: In order to improve power quality, reliability, economical and energy efficiency. It is inevitable developing trend that distributed generation (DG) is applied in the rural power network. The type of DG adapted to our country was given, and a method of placing DG was advanced in rural distribution systems. After building integrated evaluating model to node voltage, power network loss and short-circuit current, the node priority was employed to describe the DG's effect. According to the annual minimum electric power loss and economic benefit after placing DG, the sitting and sizing of DG was determined under certain node priority. The method proposed was applied to a real main line in rural distribution systems for illustration, based on the same total capacity, effects of electric power loss and node voltage were calculated and compared by single, double and three sites of DG. The results showed that the power loss was significantly reduced, the node voltage was greatly improved, and it was lightly affected the operation of rural power grid. The results illustrate the correctness and availability of the proposed algorithm to place DG in rural power network.

Key words: distributed generation (DG), economic and social benefit, losses, electric network, rural distribution systems, node priority