

# 基于 Visio 的配电线路无功补偿优化配置软件的开发与应用

章 健<sup>1</sup>, 华红艳<sup>2</sup>, 张洪波<sup>1</sup>

(1. 郑州大学电气工程学院, 河南 郑州 450001; 2. 郑州航空工业管理学院, 河南 郑州 450015)

**摘要:** 为解决配电线路上并联电容器优化配置问题, 指导配电网无功补偿设备安装的工程实践, 研究了确定并联电容器位置与容量的两层优化数学模型。内层为补偿位置确定后的容量优化问题, 按极值的必要条件, 被处理成为线性方程组的求解问题。外层为补偿位置的组合优化问题, 通过全枚举组合的方式优化确定并联电容器的安装位置。提出并研究了一种以 Visio2003 图形软件为平台, 利用 VBA 进行二次开发的图形化配电线路无功补偿优化配置计算软件开发的新技术和新的实现方法。软件的实际应用表明所建数学模型和算法的正确性, 以及图形化软件的实用性。

**关键词:** 配电线路; 并联电容器; 位置与容量优化; Visio2003; 图形化软件

## Distribution feeder optimal reactive power compensation software development based on Visio and its application

ZHANG Jian<sup>1</sup>, HUA Hong-yan<sup>2</sup>, ZHANG Hong-bo<sup>1</sup>

(1. School of Electric Engineering, Zhengzhou University, Zhengzhou 450001, China;

2. Zhengzhou Institute of Aeronautical Industry Management, Zhengzhou 450015, China)

**Abstract:** In order to optimize the placement and capacity of shunt capacitor on feeder, and give the guidance to engineering practice of installation of reactive power device in distribution network, this paper studies the two-layer optimization model used to determine the position and the capacity of reactive power compensation device on distribution feeder is studied in this paper. The inner layer problem is a capacity optimization problem while the placement of compensation device is determined. According to the necessary condition of extremum, it can be described as a group of linear equations solution. The outer layer problem is a combinatorial optimization problem. By comparing each of the combination in the completed enumeration set of allowed compensation site, the optimization compensation placement is finally determined. A new development technique or method of graphical distribution feeder reactive power compensation optimization software is presented in this paper. It uses Microsoft Visio2003 as development platform and VBA as secondary development tool. The proposed method and algorithm are proved to be correct, and the software practical when they are employed in engineering application.

**Key words:** distribution feeder; shunt capacitor; placement and capacity optimization; Visio2003; graphical software

中图分类号: TM76

文献标识码: A

文章编号: 1003-4897(2007)08-0050-05

## 0 引言

在长线路、缺乏无功补偿、负荷变化范围大的农网配电线路上装设无功补偿设备可以有效地提高功率因数, 降低线损, 提高线路末端电压, 保证供电质量, 是变、配电补偿的有益补充, 可以为企业带来良好的经济效益, 已受到广泛重视<sup>[1~3]</sup>。近年来已研制了具有自动投切功能的无功补偿装置<sup>[4~6]</sup>, 并且在配电网中的应用也逐渐增多。

随着并联电容器在配电线路上的应用逐渐增多, 关于电容器补偿容量和安装位置的确定问题也就提了出来。工程技术人员和学者已进行了许多研

究, 取得了一些具有指导意义的成果。文献[7]回顾了电容器优化配置和投切的研究历史和发展现状, 对配电网中电容器补偿的有关算法做了详细的综述。文献[3, 6]对无功负荷沿线路均匀分布、沿线路递增分布、沿线路递减分布和沿线路等腰分布等理想的负荷分布情况下的无功补偿的最佳容量和最佳位置进行了论述。在实际工作中不考虑负荷分布和电网结构的具体情况按线路长度的 2/3 处的原则装设电容器的做法十分普遍, 实践证明效果并不理想。文献[8]提出了配电线路无功补偿优化的等面积算法, 具有一定的通用性, 但需要把实际非均匀线路长度折合为均匀的等效线路长度, 把无功电流进行

折算处理,并不能严格处理一般树枝状电网的无功补偿优化配置问题。文献[9]提出了一种采用自适应遗传算法优化无功补偿点的位置个数。虽然具有使用简单、鲁棒性强和易于并行化等优点,但其并没有从根本上解决遗传算法本身所面临的许多问题,例如计算速度的问题。文献[10]提出了无功优化的动态规划方法,因计算量大,在补偿位置优化时进行了简化处理。文献[11]提出了在树状配电线路安装多台固定容量电容器的无功优化规划方法。该方法首先将树状配电线路等效为多个无分支树状配电线路,然后再采用树状配电线路无功优化规划方法得出最优规划方案。总之,关于配电线路上无功补偿优化配置问题已提出了一些模型与算法,如上所述,各种方法各有其优缺点,各有其适用范围,该问题在模型实用化、算法的可靠性和计算速度等方面,仍在继续深入研究。

为解决配电线路上并联电容器优化配置问题,指导配电网无功补偿设备工程的工程实践,本文在研究已有成果的基础上,提出了适用于任意负荷分布或结构形式的配电网无功补偿配置的两层优化数学模型,并给出了其求解算法。利用 VisioVBA 二次开发技术,开发了一套图形化计算软件,该图形化软件功能强大、人机界面良好、操作简单,能够满足供电企业理论线损分析与无功优化规划工作的需要。

## 1 无功优化配置的数学模型

配电网无功补偿优化配置包括补偿位置和补偿容量的确定,因此,就有反映补偿位置和反映补偿容量的两组决策变量。其数学模型可描述为:

$$\begin{aligned} \text{obj. } \min_{\mathbf{x}_c} \left[ \min_{\mathbf{Q}_c} F(\mathbf{Q}_c, \mathbf{x}_c) \right] \quad (1) \\ \text{s.t. } \begin{cases} \sum_{j=1}^n Q_{Cj} = Q_{C\Sigma} \\ Q_{Cj\min} \leq Q_{Cj} \leq Q_{Cj\max} \quad (j=1,2,\dots,n) \\ x_j \in N \quad (j=1,2,\dots,n) \end{cases} \end{aligned} \quad (2)$$

式中:  $\mathbf{Q}_c = [Q_{C1}, Q_{C2}, \dots, Q_{Cn}]$  为  $n$  个无功补偿点的补偿容量组成的行向量;  $\mathbf{x}_c = [x_1, x_2, \dots, x_n]$  为  $n$  个无功补偿点的位置组成的行向量;  $F(\mathbf{Q}_c, \mathbf{x}_c)$  为寻优的目标函数,例如,线损、年运行费用、年支出费用等。若  $F(\mathbf{Q}_c, \mathbf{x}_c)$  为年经济效益,则该数学

模型目标函数应最大化。 $Q_{C\Sigma}$  为无功补偿的总容量,可根据欲提高的功率因数或线路上配变的参数来确定;  $Q_{Cj\min}$ ,  $Q_{Cj\max}$  为位置  $x_j$  处无功补偿容量的上下限;  $N$  为无功补偿位置备选集合。

这是一个有约束的两层优化问题。内层为无功补偿位置确定情况下的容量优化问题,外层为无功补偿位置的优化。

### 1.1 内层优化问题

内层优化问题为无功补偿位置确定情况下的容量优化问题,可描述为:

$$\begin{aligned} \text{obj. } \min_{Q_c} F(\mathbf{Q}_c, \mathbf{x}_c) \quad (3) \\ \text{s.t. } \begin{cases} \sum_{j=1}^n Q_{Cj} = Q_{C\Sigma} \\ Q_{Cj\min} \leq Q_{Cj} \leq Q_{Cj\max} \quad (j=1,2,\dots,n) \end{cases} \end{aligned} \quad (4)$$

式中:  $\mathbf{x}_c = [x_1^s, x_2^s, \dots, x_n^s]$  为无功补偿的位置,为给定值。

如上所述,目标函数  $F(\mathbf{Q}_c, \mathbf{x}_c)$  可以是线损、年运行费用、年支出费用等。这里设其为线损,其它形式的目标函数推导过程类似。

配电网中线段  $i$  的参数如图 1 所示。

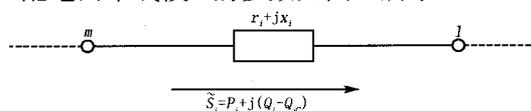


图 1 配电网中的线段  $i$

Fig.1 Section  $i$  in distribution network.

$P_i$  为线段  $i$  的下游节点有功负荷之和,  $Q_i$  为线段  $i$  的下游节点无功负荷之和(不包括无功补偿)。  $Q_{ic}$  为线段  $i$  的下游节点电容器容量之和,

$$Q_{ic} = \sum_{j=1}^n \alpha_{ij} Q_{Cj} \quad (5)$$

式中:  $\alpha_{ij}$  为 0-1 变量,其取值为:

$$\alpha_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{线段} i \text{ 的下游节点集合中含有电容器} \\ 0 & \text{线段} i \text{ 的下游节点集合中不含有电容器} \end{cases}$$

线段  $i$  的有功损耗为<sup>[12]</sup>:

$$\Delta P_i = \frac{P_i^2 + (Q_i - Q_{ic})^2}{V_N^2} \cdot r_i \quad (6)$$

设线段的总数为  $L$ , 则配电线路总损耗为:

$$\Delta P_{\Sigma} = \sum_{i=1}^L \frac{P_i^2 + (Q_i - Q_{ic})^2}{V_N^2} \cdot r_i \quad (7)$$

式(3)、(4)所述,位置确定后,补偿容量的优化可具体描述为:

$$\text{obj. } \min_{Q_c} \Delta P_{\Sigma} = \sum_{i=1}^L \frac{P_i^2 + (Q_i - Q_{ic})^2}{V_N^2} \cdot r_i \quad (8)$$

$$\text{s.t. } \begin{cases} \sum_{j=1}^n Q_{Cj} = Q_{C\Sigma} \\ Q_{Cj\min} \leq Q_{Cj} \leq Q_{Cj\max} \quad (j=1, 2, \dots, n) \end{cases} \quad (9)$$

此为有约束的优化问题,不等式约束在越限时考虑,先只考虑等式约束。引入拉格朗日乘子,则可以构造与式(8)、(9)问题同解的如下无约束优化问题。

$$\text{obj. } \min_{Q_c, \lambda} F = \Delta P_{\Sigma} + \lambda \left( \sum_{j=1}^n Q_{Cj} - Q_{C\Sigma} \right) \quad (10)$$

根据极值的必要条件,有:

$$\begin{cases} \frac{\partial F}{\partial Q_{Ck}} = 0, \quad (k=1, 2, \dots, n) \\ \frac{\partial F}{\partial \lambda} = 0 \end{cases} \quad (11)$$

由前述诸式,可以推导出式(11)的具体表达式为:

$$\begin{cases} \sum_{j=1}^n a_{kj} Q_{Cj} + \lambda = b_k \quad (k=1, 2, \dots, n) \\ \sum_{j=1}^n Q_{Cj} = Q_{C\Sigma} \end{cases} \quad (12)$$

式中,

$$\begin{cases} a_{kj} = \sum_{i=1}^L \frac{2r_i \alpha_{ij} \alpha_{ik}}{V_N^2} \\ b_k = \sum_{i=1}^L \frac{2Q_i r_i \alpha_{ik}}{V_N^2} \end{cases} \quad (13)$$

显然,式(12)为一线性方程组,可以很容易利用高斯消元方法求解。

在无功补偿优化配置计算中,需要大量计算补偿位置确定情况下的补偿容量的优化。因此,补偿容量的优化计算效率对整个无功补偿优化配置计算至关重要。由上述推导可以看出,优化问题(10),从而式(8)(9)的问题,可以根据极值的必要条件,化为线性方程组的求解问题,十分简单。

## 1.2 外层优化问题

外层优化问题为无功补偿位置的优化。设无功补偿位置备选集合  $N$  中的备选位置数目为  $m$ , 若拟在  $n$  处安装无功补偿设备, 则共有  $C_m^n$  个组合方案,

对每一个组合方案应用前述位置确定的容量优化方法进行优化计算, 最后从所有组合方案中选择最优的一种方案。

因为,如上所述,无功补偿容量的优化,采用间接优化方法计算,化成了线性方程组的求解,算法简单高效。所以,才使这里的无功补偿位置优化采用全枚举方法成为可能。

## 2 Visio 图形化应用软件的开发

Visio2003 是微软 Office 套装软件之一,是当今最优秀的绘图软件之一,许多人都在其各自的工作中用该软件绘制图形。但是能够基于 Visio 进行图形化应用软件的二次开发则还鲜为人知。

本文的软件摒弃了目前多数开发单位广泛采用的全部基于 VB、Delphi 或 VC 等开发工具的开发模式,借助 Visio2003,利用 VBA 进行二次开发<sup>[13]</sup>。站在这样高的平台上进行专业化二次开发,充分利用了 Visio2003 的所有功能,仅花很少的代价和用很短的开发周期就实现了用纯 VB、Delphi 或 VC 开发工具编程所难以实现的十分完善的功能,并且今后的技术支持还绝对有保障。

### 2.1 图件和模具的设计

图形化电力应用软件需要设计出用于绘制电网电气接线图的常用元件符号,这些绘图元件放在绘图工具箱中。图形化建模时,用鼠标把图元拖拽到绘图区,通过准确的连接构造电气接线图。

在 Visio 中,用于绘图的图元称为图件,放置图件的绘图工具箱称为模具。图件和模具的设计十分简单。首先,在绘图区内绘制出所需的绘图元件符号,并对其连接端子增加端点,以便连接和拓扑结构自动识别时使用。然后,利用 ShapeSheet 电子表格为图元设置属性,即附加到该元件设备上的参数,例如,配变图元有名称、容量、型号、短路试验数据、空载试验数据、抄见电量等。为了双击图元能够弹出相应的对话框体用于参数的输入、设置、修改和查询,还需要对图元赋以双击事件。最后,将完成的图件用鼠标拖拽到一个新的模具中,为新模具命名后保存即可。

### 2.2 ShapeSheet 电子表格的应用

在 Visio 中,与图形对应的有一个 ShapeSheet 电子表格。图形的编辑和改变,例如位置、大小、高度、宽度、角度和颜色等改变,可以在 ShapeSheet 立即看到数值的变化。在 ShapeSheet 中改变数值和有关公式会引起相应图形的改变。可以通过公式的方式精确地描述和控制图形。ShapeSheet 内容很丰富,因篇幅所限,这里仅介绍元件属性的设置和事



### 3 应用实例

如图3所示,为某农网10 kV配电线路无功补偿位置和容量的优化结果。无功补偿前后降损效果是比较明显的,最大负荷时降损约16 kW,如表1所示,若最大负荷损耗小时数取3 000 h,则一年降损约48 000 kWh,电费按0.5元/kWh计,则一年降损节省2.4万元。

表1 线路无功优化计算结果

Tab.1 The optimal result of reactive power compensation on example feeder

组数	位置 (编号 No.)	容量/kvar	损耗/kW
无补偿			46.680 04
一组	18	589	30.790 35
两组	13	64	30.699 6
	18	525	
三组	8	42	30.686 4
	15	49	
	18	498	

农网10 kV线路数目众多,对长线路、负荷重、功率因数低的线路采用无功补偿的优化配置,其降损效果是很明显的。

### 4 结论

为指导配电线路无功补偿设备工程的实践,本文研究了优化确定配电线路上并联电容器安装位置与容量的两层优化数学模型。其中,内层为补偿点位置确定情况下的容量优化问题,利用极值的必要条件该问题转化为线性方程组的求解。外层为确定补偿点的组合优化问题,在可能的备选点中采用全枚举组合方法求解。本文所提模型适用于任意负荷分布或结构形式的配电线路的无功补偿优化配置。通过对实际系统的计算,表明模型与算法正确、效果良好。

提出并研究了以Microsoft Visio2003图形软件为平台,利用VBA进行二次开发的图形化配电线路无功补偿优化配置计算软件开发的新技术和新的实现方法。研究和应用表明,基于Visio的二次开发,周期短、效率高、质量好,优于基于VB、Delphi或VC等开发工具的开发模式,该技术也为图形化电力系统应用软件的开发提供了新的有效的途径。

#### 参考文献

- [1] 孙成宝. 农村电网无功补偿方式的研究[J]. 电网技术, 1994, 18(5): 55-56.  
SUN Cheng-bao. Research on Methods of Reactive-power Compensation in Rural Power System[J]. Power System Technology, 1994, 18(5): 55-56.
- [2] 戴晓亮. 无功补偿技术在配电网中的应用[J]. 电网技术, 1999, 23(6): 11-12.  
DAI Xiao-liang. Application of Reactive Compensation Technology for Distribution System[J]. Power System Technology, 1999, 23(6): 11-12.
- [3] 张永利. 浅说线路自动无功补偿技术[J]. 贵州电力技术, 2005, (12): 45-47.  
ZHANG Yong-li. Elementary Introduction to Automatic Reactive Power Compensation Technology in Feeder[J]. Guizhou Electric Power, 2005, (12): 45-47.
- [4] 孙鸣, 王治国, 秦建民. 一种新型柱上式无功功率补偿装置的研究[J]. 电网技术, 2004, 28(22): 67-68.  
SUN Ming, WANG Zhi-guo, QIN Jian-min. Research on a New Type of Pole-mounting Reactive Power Compensating Device[J]. Power System Technology, 2004, 28(22): 67-68.
- [5] 王建曠, 吴启涛, 纪延超, 等. 10kV高压无功功率自动补偿系统的研制[J]. 电网技术, 2005, 25(5): 66-67.  
WANG Jian-ze, WU Qi-tao, JI Yan-chao, et al. Development of 10kV Automatic Reactive Power Compensating System[J]. Power System Technology, 2005, 25(5): 66-67.
- [6] 苑舜, 韩水. 配电网无功优化及无功补偿装置[M]. 北京: 中国电力出版社, 2003.  
YUAN Shun, HAN Shui. Reactive Power Optimization and Compensation Device of Distribution Network[M]. Beijing: China Electric Power Press, 2003.
- [7] 方兴, 郭志忠. 配电网电容器优化的研究[J]. 继电器, 2004, 32(9): 60-64.  
FANG Xing, GUO Zhi-zhong. Study of Algorithms for Optimal Capacitor Placement and Switching in Distribution Network[J]. Relay, 2004, 32(9): 60-64.
- [8] 靳龙章, 丁毓山. 电网无功补偿实用技术[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2004.  
JIN Long-zhang, DING Yu-shan. Practical Technology About Reactive Power Compensation of Electric Power Network[M]. Beijing: China Water Power Press, 2004.
- [9] 余健明, 张栋, 姚李孝. 基于一种新待补偿点定位法的配电网无功优化[J]. 电网技术, 2004, 28(1): 67-69.  
YU Jian-ming, ZHANG Dong, YAO Li-xiao. Reactive Power Optimize of Distribution Network Based on a New Location Algorithm for Nodes to be Compensated[J]. Power System Technology, 2004, 28(1): 67-69.
- [10] 王主丁, 杨秀台. 配电网并联电容器的优化补偿—补偿容量、组数及位置的优化[J]. 电力技术, 1987, 11: 26-30.  
WANG Zhu-ding, YANG Xiu-tai. Optimal Compensation of Parallel Capacitors in Distribution Network—Optimization of Compensation Capacity, Number of Groups and Location[J]. Electric Power Technology, 1987, 11: 26-30.

(下转第60页 continued on page 60)

- FAN Fu-mei, LIANG Ping, WU Geng-shen. Experimental Research on Steam-turbine Rotor Variation Fault Diagnosis Based on Fractal Box Counting Dimension[J]. Nuclear Power Engineering, 2006, 27(1):85-89.
- [11] 孙玉英, 金成德, 张洪彬. 分形理论及分形维数的应用[J]. 林业科技情报, 2005, 37(4): 8-9.
- SUN Yu-ying, JIN Cheng-de, ZHANG Hong-bin. Fractal Theory and Application of Fractal Dimension[J]. Forest Technology Information, 2005, 37(4): 8-9.
- [12] 赵树魁, 周景新, 黄楠. 分形维数在机械故障诊断中的具体应用[J]. 东北电力学院学报, 2005, 25(6):68-72.
- ZHAO Shu-kui, ZHOU Jing-xin, HUANG Nan. Application of Fractal Dimension in Engine Fault Diagnosis[J]. Journal of Northeast China Institute of Electric Power Engineering, 2005, 25(6):68-72.
- [13] 于子凡, 杜君君, 林宗坚. 图象盒子维数特征计算方法改进[J]. 测绘科学, 2006, 31(1):87-89.
- YU Zi-fan, DU Gui-jun, LIN Zong-jian. An Improved Algorithm of Box Counting for Digital Image[J]. Science of Surveying and Mapping, 2006, 31(1):87-89.
- [14] 瞿艳阳, 何正嘉, 张周锁. 小波分形技术及其在非平稳故障诊断中的应用[J]. 西安交通大学学报, 2000, 34(9):83-87.
- ZI Yan-yang, HE Zheng-jia, ZHANG Zhou-suo. Wavelet Fractal Technology and Its Application to Nonstationary Fault Diagnosis[J]. Journal of Xi'an Jiaotong University, 2000, 34(9):83-87.
- [15] 谢和平, 张永平, 宋晓秋. 分形几何-数学基础与应用[M]. 重庆: 重庆大学出版社, 1991.189-196.
- XIE He-ping, ZHANG Yong-ping, SONG Xiao-qiu. Fractal Geometry Mathematics Elements and Application[M]. Chongqing: Chongqing University Press 1991.189-196.
- [16] 李厚强, 汪富泉. 分形理论及其在分子科学中的应用[J]. 北京: 科学出版社, 1993.179-184.
- LI Hou-qiang, WANG Fu-quan. Fractal Theory and Its Application in Molecule Analysis[J]. Beijing: Science Press, 1993.179-184.
- [17] 费斌, 蒋庄德, 王海容. 基于遗传算法求解分形无标度区的方法[J]. 西安交通大学学报, 1998, 32(7): 72-75.84.
- FEI Bing, JIANG Zhuang-de, WANG Hai-rong. Genetic Algorithm for Scale Independent Fractals Associated with Grinding Surface [J]. Journal of Xi'an Jiaotong University, 1998, 32(7): 72-75.84.
- [18] 瞿艳阳. 基于非平稳信号特征提取原理的实用诊断技术研究[D]. 西安: 西安交通大学, 2000.
- ZI Yan-yang. Research on Practical Diagnosis Techniques Based on Principle of Nonstationary Signal Feature Extraction[D]. Xi'an, Xi'an Jiaotong University, 2000.
- [19] 赵娟, 李建华, 黄永宁. 基于 MATLAB/SIMULINK 的 SS<sub>3B</sub> 型电力机车仿真模型 [J]. 机车电传动, 2002, (5): 25-27.42.
- ZHAO Juan, LI Jian-hua, HUANG Yong-ning. Simulation Model of SS<sub>3B</sub> Electric Locomotive Based on MATLAB/SIMULINK[J]. Electric Drive for Locomotives, 2002, (5): 25-27.42.
- [20] 肖湘宁. 电能质量分析与控制 [M]. 北京: 中国电力出版社, 2004.
- XIAO Xiang-ning. Analysis and Control of Power Quality[M]. Beijing: China Electric Power Press, 2004.

收稿日期: 2006-09-22; 修回日期: 2006-12-19

作者简介:

杨耿煌(1978-), 男, 在读博士, 研究方向为电能质量扰动检测与分析; E-mail: ygenghuang@yahoo.com.cn

张泽卉(1985-), 男, 本科, 主要从事电力系统自动装置的研发;

蔡剑雄(1978-), 男, 本科, 主要从事变电站监测工作。

(上接第 54 页 continued from page 54)

- WANG Zhu-ding, YANG Xiu-tai. Optimal Var Compensation with Shunt Capacitors in Radial Distribution Network[J]. Electric Power, 1987, 11: 26-30.
- [11] 刘健, 阎昆, 程红丽. 树状配电线路并联电容器无功优化规划[J]. 电网技术, 2006, 30(18):81-84.
- LIU Jian, YAN Kun, CHENG Hong-li. Optimal Planning of Shunt Capacitors Based Reactive Power Compensation for Arborescent Distribution Feeders[J]. Power System Technology, 2006, 30(18):81-84.
- [12] 陈珩. 电力系统稳态分析[M]. 北京: 中国电力出版社, 2000.
- CHEN Heng. Power System Steady Analysis[M]. Beijing: China Electric Power Press, 2000.
- [13] 微软公司. 开发 Microsoft Visio 解决方案[M]. 北京: 北京大学出版社, 2002.
- Microsoft Corporation. Developing Microsoft Visio Solutions[M]. Beijing: Beijing University Press, 2002.

收稿日期: 2006-03-21; 修回日期: 2007-01-04

作者简介:

章健(1963-), 男, 博士, 副教授, 硕士生导师, 主要研究方向为电力负荷特性辨识、电力系统分析与运行; E-mail: zdzhangj@tom.com

华红艳(1963-), 女, 教授, 主要从事电力系统运行与分析方向的研究;

张洪波(1982-), 女, 硕士, 主要从事电力仿真培训系统的开发。