

# 应用于 EMS 高级应用系统的 BPA 程序 快速调用方法与接口设计

郭文鑫<sup>1</sup>, 余志文<sup>1</sup>, 赵峰<sup>2</sup>, 孙宏斌<sup>2</sup>, 郭庆来<sup>2</sup>

(1. 广东电网电力调度控制中心, 广东 广州 510600; 2. 电力系统国家重点实验室, 清华大学电机系, 北京 100084)

**摘要:** 针对电网 EMS 系统中各个高级应用模块在调用 BPA 暂态计算程序时出现的接口程序继承性差、接口程序调用效率低下的不足, 提出了一种快速有效调用 BPA 暂态计算程序的接口设计方法。通过设定统一的 BPA 暂态计算程序接口调用模式和文件交互标准, 解决了 BPA 暂态计算程序接口继承性差的问题。同时, 根据 EMS 高级应用调用 BPA 暂态计算程序的特点, 设计了一种快速调用 BPA 暂态计算程序的接口设计方法, 实现了 BPA 暂态计算程序的快速调用。利用精细规则自动发现系统在广东省电网调用 BPA 暂态计算程序的算例测试表明: 该接口程序能够提供继承性强的 BPA 暂态计算程序的接口程序, 并且可以实现 BPA 暂态计算程序的快速调用。

**关键词:** BPA 暂态计算程序; EMS 高级应用; 接口设计; 精细规则自动发现系统

## An interface applied on advanced application system in EMS for calling BPA transient calculation program quickly and effectively

GUO Wen-xin<sup>1</sup>, YU Zhi-wen<sup>1</sup>, ZHAO Feng<sup>2</sup>, SUN Hong-bin<sup>2</sup>, GUO Qing-lai<sup>2</sup>

(1. Guangdong Electric Power Control Center, Guangzhou 510600, China;

2. State Key Lab of Power Systems, Dept of Electrical Engineering, Tsinghua University, Beijing 100084, China)

**Abstract:** There are several shortcomings, such as poor succession and low efficiency, when BPA transient calculation program is called by some advanced application systems in EMS through tradition interface. In order to solve these shortcomings, an interface designed for calling BPA transient calculation program quickly and effectively is proposed. Through setting unified BPA transient calculation program interface file interaction standard, the shortcoming of poor succession is solved. According to the features of the advanced application systems in EMS, a method to call the BPA transient calculation program quickly and effectively is designed to call the BPA interface more quickly and effectively. A test case is done in Guangdong Power Grid of China to call the BPA transient calculation program interface using the fine operational rules online automatic discovery system. The results show that the designed interface for calling BPA transient calculation program has good succession and high efficiency, can call the BPA transient calculation program more quickly and effectively.

This work is supported by National Science Fund for Distinguished Young Scholars (No. 51025725).

**Key words:** BPA transient calculation program; advanced application systems in EMS; designed interface; fine operational rules online automatic discovery system

中图分类号: TM76

文献标识码: A

文章编号: 1674-3415(2014)11-0061-06

## 0 引言

随着电网的不断发展, 在现代电力系统中, 电网的运行方式越来越多变, 影响电网安全的因素越来越复杂化和多样化。因此, 为了保证电网的安全

稳定运行, 需要对电网的安全性, 特别是暂态安全性进行在线实时的监控。在我国各个地区、省、市级电网公司中, 由中国电力科学研究所研究开发的 BPA 暂态计算程序被大量应用到电网在线或离线的暂态安全分析和评估中<sup>[1-6]</sup>, 成为电网在线安全评估和离线仿真的重要工具, 为电网在线安全运行奠定基础。

在电网日益发展完善的今天, 人们对电力的需

基金项目: 国家杰出青年科学基金(51025725); 广东电网公司科技项目(K-GD2012-303)

求日益提高，电网安全性和稳定性受到人们的大量关注。在电网能量管理系统（EMS）中，发展了各个高级应用，比如自动频率控制（AGC）、自动电压控制（AVC）、发电调度计划、精细规则自动发现系统<sup>[7-11]</sup>等，保证电网运行的安全性和稳定性，为保证电网的暂态稳定性，许多高级应用都需要借助 BPA 暂态计算程序对电网进行在线或者离线的暂态稳定分析，提高了电网在线运行的暂态稳定性，保证了电网安全稳定运行。

然而，在 EMS 系统中的高级应用程序调用 BPA 暂态计算程序的过程中，仍存在以下的不足之处：

1) EMS系统中的各个高级应用在调用 BPA 暂态计算程序时没有一个固定的接口程序，往往是一个高级应用独立开发一套调用 BPA 暂态计算程序的接口程序，往往费时费力，继承性差，浪费了大量的人力物力和软件开发资源。

2) EMS系统中的各个高级应用在调用 BPA 暂态计算程序时需要向 BPA 暂态计算程序传输电网的模型文件、量测文件、故障文件、计算控制文件等，通过 BPA 暂态计算程序读取这些文件进行暂态分析和评估，这些文件特别是电网模型文件，内容巨大，BPA 暂态计算程序每次在读取时都要消耗大量时间，导致接口调用的效率低下，调用 BPA 暂态计算程序缓慢。

因此，需要一种能够快速调用 BPA 暂态计算程序的固定接口设计方法和程序，实现各个 EMS 高级应用能够方便、快速调用 BPA 暂态计算程序，提高调用 BPA 暂态计算程序的效率，降低开发调用 BPA 暂态计算程序接口的成本。

### 1 BPA 暂态计算程序调用接口模式和文件交互标准

BPA 暂态计算程序调用接口的模式以及接口交互的文件格式如图 1 所示。

当 EMS 高级应用系统需要调用 BPA 暂态计算程序进行计算时，需要使用 BPA 暂态计算程序系统的接口程序，接口程序安装到需要调用离 BPA 暂态计算程序的系统所在工作站即可。

在调用接口前，需要先准备好 BPA 暂态计算程序接口交互的文件并存放放到接口程序指定的目录，然后调用接口程序进行计算，计算完成后，BPA 暂态计算程序会将计算结果返回到接口程序指定的目录，完成本次调用。

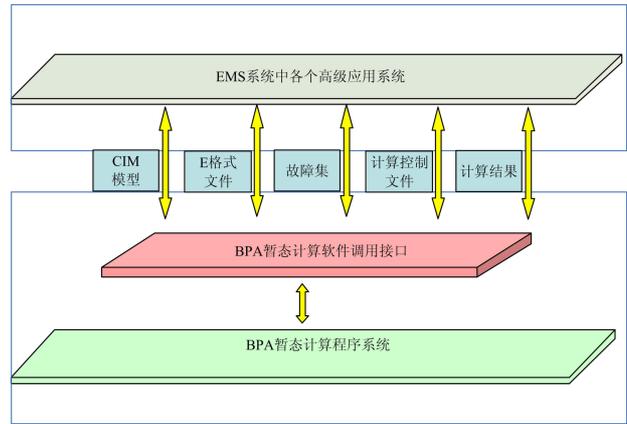


图 1 BPA 暂态计算程序调用接口模式示意图

Fig. 1 Interface for calling BPA transient calculation program

BPA 暂态计算程序调用接口需要交互的文件主要有五类，包括 CIM 模型文件、状态估计 E 格式文件、故障集文件、计算控制文件和计算结果等。下面分别对这五类文件进行说明。

#### 1) CIM 模型文件

CIM模型文件描述了整个电网各个电气元件的参数和连接关系，CIM 模型文件的格式和内容完全按照 EMS 系统使用的 CIM 模型文件的格式执行，存储到指定目录的 YYYY\_MM\_DD 文件夹，YYYY\_MM\_DD 为日期，根据计算数据生成。

#### 2) 状态估计 E 格式文件

状态估计 E 格式文件描述了电网中各个注入量的状态估计结果，状态估计 E 格式文件的格式和内容完全按照 EMS 系统使用的 E 格式文件的格式执行，存储到指定目录的 YYYY\_MM\_DD 目录下的 I 目录下，YYYY\_MM\_DD 为日期，I 为 1~96 的值。

#### 3) 故障集文件

暂态稳定故障集文件用于定义需要进行暂态仿真的故障信息，包括故障详细描述文件 faultlist.txt 和故障描述信息文件 fault\_desc.txt。

文件格式：

故障详细描述文件 faultlist.txt 的构成如表 1 所示。

故障描述信息文件 fault\_desc.txt 的构成如表 2 所示。

#### 4) 计算控制文件

计算控制文件用于定义调用 BPA 暂态计算程序的控制信息。主要用于设置计算的类型，多少个点位计算，该文件为一个 E 格式表，构成如表 3 所示。

表 1 暂态故障详细描述文件 faultlist.txt 的构成表

Table 1 Structure of the file faultlist.txt

序号	功能项	描述
1	“#”	开始标志
2	有效标记	1 为有效、0 为无效
3	故障编号	故障编号
4	故障元件名称	故障元件对应的 EMS 名
5	I 侧母线名称	I 侧母线名称
6	J 侧母线名称	J 侧母线名称
7	故障元件编号	故障元件编号
8	故障位置	距离 I 侧母线距离的百分比
9	新增母线名称	新增母线名称
10	A 相故障	1: 发生故障; 0: 不发生故障
11	B 相故障	1: 发生故障; 0: 不发生故障
12	C 相故障	1: 发生故障; 0: 不发生故障
13	接地故障	1: 是接地故障; 0: 不是接地故障
14	短路故障	1: 是短路故障; 0: 不是短路故障
15	断路故障	1: 是断路故障; 0: 不是断路故障
16	故障开始时间	故障开始时间
17	故障结束时间	故障结束时间
18	故障电阻	标么值
19	故障电抗	标么值

表 2 故障描述信息文件 fault\_desc.txt 的构成表

Table 2 Structure of the file fault\_desc.txt

序号	功能项	描述
1	“#”	开始标志
2	故障编号	对应唯一的故障编号
3	故障描述	故障描述
4	用户	固定填写“BPA”
5	区域	固定填写“”

表 3 计算控制文件的构成表

Table 3 Structure of the calculation control file

序号	属性项	属性项	点位状态
		英文名	
1	任务类型	TaskType	
2	计算数据日期	PlanDate	
3	点位 1	Point1	1 计算, 0 不计算
4	点位 2	Point2	1 计算, 0 不计算
...	...	...	...
98	点位 96	Point96	1 计算, 0 不计算

点位 1~96 表示每天的 96 个时间段 (每隔 15 分钟一个时间段) 或者 96 不同套不同潮流数据要进行的计算 (依据不同的 EMS 高级应用而定), 1 表示该时间段要进行暂态稳定计算, 0 表示该时间段不进行暂态稳定计算。

### 5) 计算结果文件

计算结果文件用于向调用 BPA 暂态计算程序的 EMS 高级应用传递 BPA 暂态稳定分析的结果, 其构成如表 4 所示。

表 4 计算结果文件的构成表

Table 4 Structure of the calculation result file

序号	属性项	属性填写格式
1	任务编号	任务编号
2	时间点位	1-96
3	故障编号	故障编号
4	计算类型	暂态稳定计算
5	计算结果	0: 未计算; 1: 暂态稳定; 2: 暂态失稳; -1: 计算失败
6	计算节点	计算节点名称

如果一次计算需要整合多套潮流并进行暂态稳定分析 (如精细规则自动生成系统中所要求的多线程计算), 则生成多套潮流分别存储到不同的文件夹内, 文件夹的命名规则与点位 (其中描述的 1~96 个点位) 对应即可, 然后提交一次计算可以完成多套潮流的暂态稳定计算。

## 2 BPA 暂态计算程序接口的快速调用模式

一般电网元件数量众多, CIM 文件较大, 导致 BPA 暂态计算程序导入 CIM 需要耗费大量时间, 影响 EMS 高级应用调用 BPA 暂态计算程序的效率。

考虑到电网的 CIM 文件在一段时间内不会发生变化, 本文设计一种 EMS 高级应用快速调用 BPA 暂态计算程序接口的方法, 将 BPA 暂态计算程序读入 CIM 模型文件的时间压缩到 EMS 高级应用启动和 EMS 高级应用程序调用 BPA 暂态计算程序之间, 能够极大地提高 EMS 高级应用调用 BPA 暂态计算程序接口的效率。

BPA 暂态计算程序接口的快速调用模式如图 2 所示。

首先, 当一个 EMS 高级应用系统开始执行时, 需要从读入电网的 CIM 文件和 E 文件导入电网模型, 同时, 将 CIM 文件发送到交互文件夹。BPA 暂态计算程序从交互文件夹内读入 CIM 文件, 只需读到内存, 不需计算。这样将 BPA 系统导入 CIM 模型的时间压缩到该 EMS 高级应用系统导入 CIM

模型以及前期计算的时间内,不会影响 BPA 暂态计算的效率。

其次,当该 EMS 高级应用系统需要调用 BPA 进行暂态稳定计算时,向交互文件夹内发送状态估计格式文件、暂态故障集文件和计算控制文件。BPA 暂态计算程序从交互文件夹中读到计算控制文件,导入状态估计 E 格式文件和暂态故障集文件,计算该潮流状态下故障集下系统的暂态稳定性。

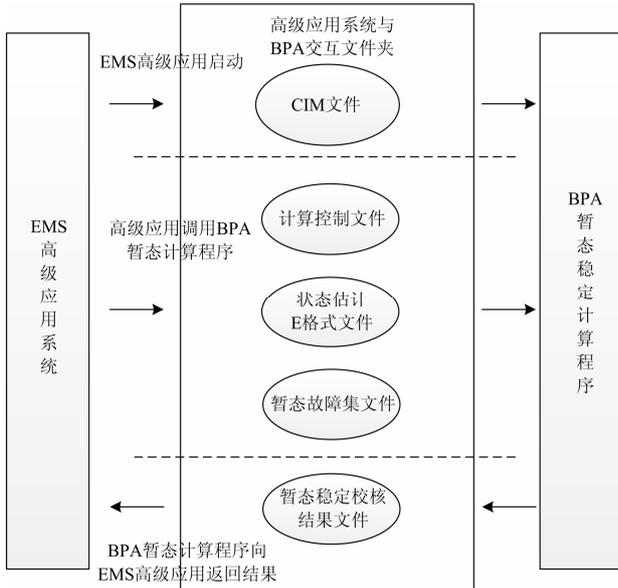


图 2 BPA 暂态计算程序接口的快速调用模式示意图  
Fig. 2 Method to call the BPA transient calculation program interface quickly

最后, BPA 暂态计算程序将暂态稳定结果发回交互文件夹供 EMS 高级应用程序读取,结果包括各个故障下系统的稳定性。

### 3 算例测试

利用精细规则自动发现系统在广东电网对本文提出的快速调用 BPA 暂态计算程序接口方法的测试。

测试在单台 PC 机上进行,具体配置为: Intel 酷睿 i5cpu, 主频 2.30 GHz; 4 G 内存; 500 G 硬盘。

广东电网在 2013 年某时刻投运厂站 520 个、线路 1 142 条。选取该省电网此时此刻的实时潮流利用精细规则自动发现系统对本文提出的快速调用 BPA 暂态计算程序接口方法的测试。

首先,在精细规则自动发现系统启动后,即将该省级电网的 CIM 模型文件发送至 EMS 高级应用系统与 BPA 暂态计算程序的交互文件夹中,由 BPA 暂态计算程序读入内存中,等待计算命令和状态估

计 E 格式文件、故障集文件等一些必要的文件。

其次,当精细规则自动发现系统需要调用 BPA 进行暂态稳定计算时,向交互文件夹内发送状态估计 E 格式文件、暂态故障集文件和计算控制文件。BPA 暂态计算程序从交互文件夹中读到计算控制文件,导入状态估计 E 格式文件和暂态故障集文件,计算该潮流状态下故障集下系统的暂态稳定性。

暂态故障集文件(包括故障详细描述文件 faultlist.txt 和故障描述信息文件 fault\_desc.txt)的示意图如图 3、图 4 所示。

```
<! Entity= time='19000000_00:00:00' !>
<FAULTLIST::广东 soft=>
@ Mark Fault_No ID_Name I_Name J_Name No LK Add_Name A B C D K M Ts Te R X
// 有效标记 故障组号 故障元件名称 I 侧母线名称 J 侧母线名称 故障元件编号 故障位置 新增母
线名称 A 相故障 B 相故障 C 相故障 接地故障 短路故障 断路故障 故障开始时间 故障结束时间
故障电阻 故障电抗
# 1 1 A B 联线 广蓄A厂 M53 广蓄B厂 M52 100098 2 FAULTBUS1 1 1 1 1 1 0 0 0 1 0 0
# 1 1 A B 联线 广蓄A厂 M53 广蓄B厂 M52 100098 1 FAULTBUS2 1 1 1 0 0 1 0.09 100 999999 999999
# 1 1 A B 联线 广蓄A厂 M53 广蓄B厂 M52 100098 99 FAULTBUS3 1 1 1 0 0 1 0.1 100 999999 999999
# 1 2 安鹏甲线 鹏城站 M52 宝安换流站 500kv2 母 101294 2 FAULTBUS1 1 1 1 1 1 0 0 0.1 0
# 1 2 安鹏甲线 鹏城站 M52 宝安换流站 500kv2 母 101294 1 FAULTBUS2 1 1 1 0 0 1 0.09 100 999999
999999
# 1 2 安鹏甲线 鹏城站 M52 宝安换流站 500kv2 母 101294 99 FAULTBUS3 1 1 1 0 0 1 0.1 100 999999
999999
</FAULTLIST::广东 soft=>
```

图 3 故障详细描述文件 faultlist.txt 示意图  
Fig. 3 Schematic diagram of file faultlist.txt

```
<! Entity= time='19000000_00:00:00' !>
<FAULTINFO::广东 soft=>
@ Fault_No Fault_Desc User Area
// 故障组号 故障描述 用户 区域
# 1 [500kv A B 联线] 线路 ABC 相短路接地短路, 0-0.1 秒故障
# 2 [500kv 安鹏甲线] 线路 ABC 相短路接地短路, 0-0.1 秒故障
</FAULTINFO::广东>
```

图 4 故障描述信息文件 fault\_desc.txt 示意图  
Fig. 4 Schematic diagram of file fault\_desc.txt

由图 3、图 4 所示,接口交互文件完全按照本文第 1 节设定的格式书写,格式统一,具有可继承性强的特点。

统计各个阶段精细规则自动发现系统调用 BPA 接口所需要的时间如表 4 所示。

表 4 调用 BPA 暂态计算程序接口各部分的计算效率  
Table 4 Computational efficiency of calling the interface of BPA transient calculation program

步骤	CIM 模型文件 导入	状态估计 E 格式文件、计算控制 文件、故障集文件读入
时间/s	1.12	0.21

如表 4 所示,精细规则在线自动发现系统调用 BPA 暂态计算程序接口时,80% 以上的时间实际上

是耗费在导入 CIM 模型文件上, 因此, 按照本文的方法将导入 CIM 模型的时间压缩到精细规则自动发现系统启动到精细规则自动发现系统调用 BPA 暂态计算程序之间可大量节约调用 BPA 暂态计算程序接口的时间, 极大地提高调用 BPA 暂态计算程序接口的效率。假设一个 EMS 高级应用在执行时需要调用大概 100 次 BPA 暂态计算程序, 则将共节省大约 2 min 的时间, 这在电网在线运行控制中是十分重要和有意义的。

该算例利用精细规则自动发现系统在一个省级电网中验证了本文提出的快速调用 BPA 暂态计算程序继承性强, 调用效率高的优点, 能够极大地提高 EMS 高级应用系统调用 BPA 暂态计算程序的效率和可继承性。

#### 4 结论

针对电网 EMS 系统中各个高级应用模块在调用 BPA 暂态计算程序时出现的接口程序继承性差、接口程序调用效率低下的不足, 本文提出了一种快速有效调用 BPA 暂态计算程序的接口设计方法。

该方法首先通过设定统一的 BPA 暂态计算程序接口调用模式和文件交互标准, 解决了 BPA 暂态计算程序接口继承性差的问题; 同时, 根据 EMS 高级应用调用 BPA 暂态计算程序的特点, 设计了一种快速调用 BPA 暂态计算程序的接口设计方法, 将接口调用中最耗费时间的 CIM 模型文件导入的时间压缩到 EMS 高级应用启动到 EMS 高级应用调用 BPA 暂态计算程序之间, 极大地缩短了调用 BPA 暂态计算程序接口的时间, 提高了接口的调用效率, 实现了 BPA 暂态计算程序的快速调用。

广东省电网利用精细规则自动发现系统调用 BPA 暂态计算程序的算例测试表明: 该接口程序能够提供继承性强的 BPA 暂态计算程序的接口程序, 并且可以实现 BPA 暂态计算程序的快速调用。

#### 参考文献

- [1] 尹建华, 江道灼, 韩祯祥. 电力系统故障分析的一种新型实用计算机分析算法及在 BPA 暂态程序中的实现[J]. 中国电机工程学报, 1999, 19(3): 71-76.  
YIN Jian-hua, JIANG Dao-zhuo, HAN Zhen-xiang. New practical algorithm and its application in BPA for power system fault analysis[J]. Proceedings of the CSEE, 1999, 19(3): 71-76.
- [2] 房大中, 周保荣, 宋文男, 等. 修正的暂态能量裕度评估策略[J]. 中国电机工程学报, 2002, 22(3): 94-98.  
FANG Da-zhong, ZHOU Bao-rong, SONG Wen-nan, et al. Strategy for assessment of corrected transient energy[J]. Proceedings of the CSEE, 2002, 22(3): 94-98.
- [3] 黄辉, 舒乃秋, 李自品, 等. 基于信息融合技术的电力系统暂态稳定评估[J]. 中国电机工程学报, 2007, 27(16): 19-23.  
HUANG Hui, SHU Nai-qi, LI Zi-pin, et al. Power system transient stability assessment based on information fusion technology[J]. Proceedings of the CSEE, 2007, 27(16): 19-23.
- [4] 苏黎, 吴广宁, 蒋伟, 等. 基于 BPA 的交直流系统稳定性仿真研究[J]. 电力系统保护与控制, 2009, 37(2): 32-36.  
SU Li, WU Guang-ning, JIANG Wei, et al. Simulation research on stability of AC/DC power system based on BPA[J]. Power System Protection and Control, 2009, 37(2): 32-36.
- [5] 余一平, 张骥, 鞠平. 电力系统中发电机和负荷参数同时辨识的可行性研究[J]. 电力系统保护与控制, 2013, 41(15): 97-101.  
YU Yi-ping, ZHANG Ji, JU Ping. Feasibility studies on simultaneous identification of parameters of generators and loads in power systems[J]. Power System Protection and Control, 2013, 41(15): 97-101.
- [6] 李红梅, 严正, 林一, 等. 节能调度对大受端电网频率和线损影响的分析[J]. 电力系统保护与控制, 2010, 38(20): 211-216.  
LI Hong-mei, YAN Zheng, LIN Yi, et al. Impact analysis of energy-saving dispatching on the frequency and line losses of large receiving-end grid[J]. Power System Protection and Control, 2010, 38(20): 211-216.
- [7] 孙宏斌, 谢开, 蒋维勇, 等. 智能机器调度员的原理和原型系统[J]. 电力系统自动化, 2007, 31(16): 1-6.  
SUN Hong-bin, XIE Kai, JIANG Wei-yong, et al. Automatic operator for power systems: principle and prototype[J]. Automation of Electric Power Systems, 2007, 31(16): 1-6.
- [8] 蒋维勇, 孙宏斌, 张伯明, 等. 电力系统精细规则的研究[J]. 中国电机工程学报, 2009, 29(4): 1-7.  
JIANG Wei-yong, SUN Hong-bin, ZHANG Bo-ming, et al. Fine operational rule of power system[J]. Proceedings of

- the CSEE, 2009, 29(4): 1-7.
- [9] 王康, 孙宏斌, 蒋维勇, 等. 智能控制中心二级精细化规则的生成方法[J]. 电力系统自动化, 2010, 34(7): 45-49.  
WANG Kang, SUN Hong-bin, JIANG Wei-yong, et al. A two-level refinement method for operational rules in smart control centers[J]. Automation of Electric Power Systems, 2010, 34(7): 45-49.
- [10] 赵峰, 孙宏斌, 张伯明. 基于电气分区的输电断面自动发现[J]. 电力系统自动化, 2011, 35(5): 42-46.  
ZHAO Feng, SUN Hong-bin, ZHANG Bo-ming. Zone division based automatic discovery of flowgate[J]. Automation of Electric Power Systems, 2011, 35(5): 42-46.
- [11] 孙宏斌, 赵峰, 蒋维勇, 等. 电网精细规则在线自动发现系统架构与功能设计[J]. 电力系统自动化, 2011, 35(18): 81-86.  
SUN Hong-bin, ZHAO Feng, JIANG Wei-yong, et al. Fine operational rules online automatic discovery system for power grid: framework and functions[J]. Automation of Electric Power Systems, 2011, 35(18): 81-86.

---

收稿日期: 2013-08-27; 修回日期: 2014-03-12

作者简介:

郭文鑫(1985-), 男, 硕士研究生, 主要研究方向为电力系统调度自动化和电网智能控制; E-mail: guowenxin1985@126.com

余志文(1974-), 男, 博士研究生, 主要研究方向为电力系统调度自动化和智能调度;

赵峰(1986-), 男, 博士研究生, 主要研究方向为电力系统精细规则提取、电力系统智能调度。