

doi:10.3969/j.issn.1673-9833.2015.04.011

长沙垃圾焚烧发电厂接入系统方案研究

屈心仪, 肖强晖

(湖南工业大学 电气与信息工程学院, 湖南 株洲 412007)

摘要: 针对长沙垃圾焚烧发电厂接入望城区电网的问题, 给出了3种系统接入方案。通过对系统进行潮流计算, 进而对其进行稳定性分析, 选出一种较为合适的方案。相较其他几种方案, 推荐方案远景适应性最好, 同时具有较高的经济效益。

关键词: 接入系统; 潮流计算; 稳定性分析; 远景适应性

中图分类号: TM711

文献标志码: A

文章编号: 1673-9833(2015)04-0050-06

Study on the Access System Scheme for Changsha Waste Incineration Power Plant

Qu Xinyi, Xiao Qianghui

(School of Electrical and Information Engineering, Hunan University of Technology, Zhuzhou Hunan 412007, China)

Abstract: Aiming at the access problem of Changsha waste incineration power plant, three access schemes are proposed. Through flow calculation and stability analysis of the system, selects a more appropriate solution. Compared to the other two schemes, the recommended solution has the best vision adaptability and higher economic efficiency.

Keywords: access system; flow calculation; stability analysis; vision adaptability

0 引言

目前, 长沙市的垃圾处理方式主要采用填埋处理, 并且只有一座填埋场。垃圾填埋处理方式原始、落后, 每天接收的垃圾不经过任何处理并直接进行填埋, 对场地周围环境造成了极大的污染, 空气、土壤、地下水污染极其严重, 同时, 大量可回收利用的废品也白白浪费, 不符合国家对垃圾处理的无害化、减量化和资源化要求。现有垃圾填埋场处理能力为4 000 t/d, 总有效库容为4 500万 m³, 设计服务年限为34 a。根据生活垃圾产量所需填埋库容预测统计, 至2025年, 所需总库容约3 923万 m³; 至2030年, 所需总库容约5 412万 m³; 填埋场现在可填埋库容只能保证今后实际使用年限为12 a, 生活垃圾无害化处理设施容量极其有限。而且采用填埋的方式只能实现无害化处理, 不能减容, 必须新建垃圾焚烧发电厂^[1]。

长沙垃圾焚烧发电厂项目利用城市产生的固体废物进行焚烧发电, 符合循环经济的减量化、再利用和资源化的要求, 将使长沙市具备资源可持续利用和良好生态环境的基础, 焚烧后产生的热能发电, 为社会提供能源, 焚烧后产生的残渣, 可为社会提供筑路及制砖等用料。项目建成后, 不仅能解决城市垃圾问题, 还能有效改善城市环境质量, 并具有明显的社会效益和一定的经济效益, 有利于节约能源和生态环境保护^[2]。

目前, 长沙望城区电网现有主要电源分布在铜官镇, 威灵供电片区内负荷密集, 缺乏电源支撑, 220 kV威灵变负载率迅速增长。长沙电网目前仅长沙电厂一个大型电厂, 在2008年冰灾中发挥了重大作用。长沙垃圾焚烧发电厂的建设, 可以成为威灵供电片区乃至长沙电网的重要支撑电源。因此, 优

收稿日期: 2015-05-07

作者简介: 屈心仪(1990-), 女, 湖南张家界人, 湖南工业大学硕士生, 主要研究方向为电力系统及其自动化,

E-mail: 258254002@qq.com

化望城县电源布局,不仅有利于电网安全稳定运行,而且能提高长沙电网的抗灾能力。基于此,本文针对长沙垃圾焚烧发电厂接入系统提出了3种可行性方案,并从系统的潮流计算、技术经济以及分析系统的稳定性等方面进行比较,以期得出稳定性最佳、远景适应性最好又具有较高的经济效益的接入系统方案。

1 接入系统方案分析

1.1 基本原则

接入系统方案以《大型水、火电厂接入系统设计内容深度规定》《电力系统设计手册》《电力系统电压和无功电力技术导则》为依据,并结合长沙供电公司最新电网滚动规划原则。

1.2 接入系统方案

垃圾发电厂以焚烧生活垃圾为主。文献[4]中平湖市生活垃圾电厂规划总容量为24 MW,采用35 kV电压等级双回路(一主一备)接入220 kV新华变35 kV母线。文献[5]中,福清生活垃圾电厂规划总容量为18 MW,由于该电厂周围无35 kV电压等级,从经济角度出发,最终选择3回路110 kV变电站10 kV母线接入系统。

根据审定的科研报告,可知长沙垃圾发电厂的系统地理位置接线图,如图1所示。考虑电厂近区110 kV电网电力缺额较大,2015年电力缺口达270 MW,2018年和2020年电力缺口分别达到227 MW和269 MW,完全可消纳本工程机组电力。综合考虑电厂建设规模、送电距离,并参考其他电厂规模及接入电压等级,确定长沙垃圾发电厂采用110 kV电压等级接入系统。



图1 系统地理位置接线图

Fig. 1 System location wiring diagram

垃圾焚烧发电厂停机,将会导致垃圾大量囤积,从而影响人民生活。因此,其接入系统不仅要满足电力电量平衡、系统稳定,还必须要有较高的可靠性,足够的供电容量作为电厂启动/备用电源。

参考国内已建成和在建的垃圾电厂项目,如装机容量60 MW的乌鲁木齐项目、上海老港项目、深圳宝安项目均采用双回路110 kV线路接入系统^[3]。根据垃圾发电厂的装机规模及运行情况,并结合近区电力系统现状及发展规划,拟定图2~4三个方案^[4]。

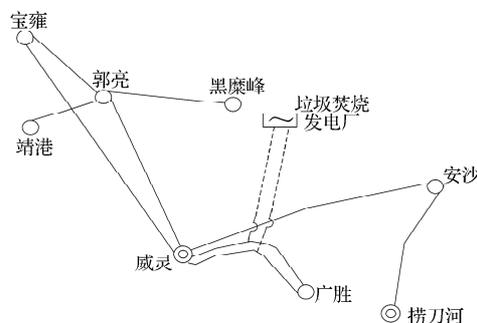


图2 方案一

Fig. 2 First scheme

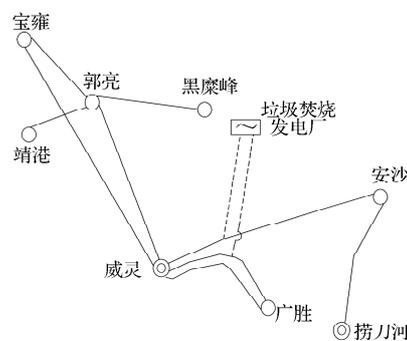


图3 方案二

Fig. 3 Second scheme

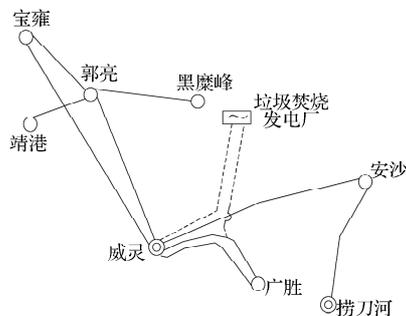


图4 方案三

Fig. 4 The third scheme

方案一:垃圾电厂双回T接至规划中的威灵-广胜变110 kV线路,新建架空线路7.5 km(LGJ-300/双回),形成双回威灵-垃圾电厂-广胜110 kV线路,如图2所示。

方案二:垃圾电厂T接至规划中的威灵-广胜变110 kV线路,新建架空线路7.5 km(LGJ-300);新建垃圾电厂T接至威灵-安沙变110 kV线路,新建架空线路6 km(LGJ-300),形成威灵-垃圾电厂-广胜110 kV线路、威灵-垃圾电厂-安沙110 kV线路,如图3所示。

方案三:新建垃圾发电厂-威灵变110 kV架空线

路 13 km (LGJ-300/13 km), 新建垃圾电厂 T 接至威广变 110kV 线路 7.5 km (LGJ-300), 如图 4 所示。

2 系统潮流计算及技术经济比较

2.1 潮流计算分析

根据垃圾发电厂的建设进度, 本设计主要针对 2018 年进行多方案潮流计算。湖南省电网 220 kV 及以上网络、华中电网 500 kV 及以上网络、全国其他省特高压网络参与计算, 望城县北部 110 kV 网络参与计算。

计算负荷功率因数取 0.95。发电机组功率因数最低取 0.85, 火电机组功率因数最高取 0.98, 水电机组功率因数最高取 1.00, 原则上均不考虑进相运行, 为调度运行留有裕度。500 kV 母线控制在 500~550 kV, 220 kV 变电站的 220 kV 母线控制在 213.4~235.4 kV, 且偏差幅度不大于 11 kV。110 kV 母线控制在 106.7~117.7 kV 之间, 且偏差幅度不大于 5.5 kV^[5]。

计算运行方式: 选取湖南电网稳定问题相对较严重的丰大(夏大)运行方式。若在该情况下, 系统能稳定运行, 那么在其他电网相对轻松的时期, 系统肯定能稳定运行。综上得到方案一、方案二及方案三的夏大潮流示意图, 分别如图 5~图 7 所示。并计算 3 种方案的有功网损, 如表 1 所示。

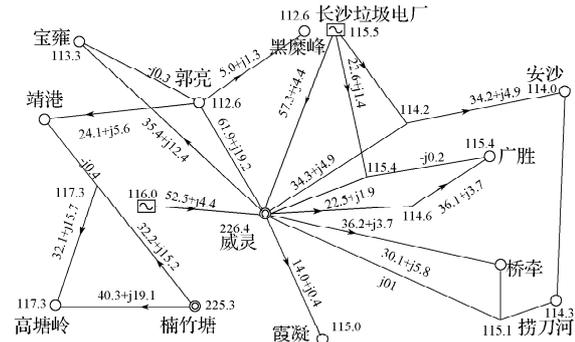


图7 方案三夏大潮流示意图

Fig. 7 Trend schematic of Option III of summer peak period

从图 5 至图 7 中可以看出, 3 种方案中垃圾焚烧发电厂主要电能均能够就近消纳, 潮流流向合理, 分布亦较均匀。由表 1 可知, 方案二有功网损最小。

表 1 潮流计算中各方案有功网损计算结果(相对值)

Table 1 Each scheme calculation result of active power loss in the flow calculation (relative value)

项目	方案一	方案二	方案三
丰大方式	0.152	0	0.244
枯大方式	0.010	0	0.132
综合平均相对网损	0.081	0	0.188

2.2 方案技术经济比较

根据系统潮流及经济比较, 综合其他方面的技术条件, 各方案的综合技术经济比较结果见表 2^[6]。

表 2 综合技术经济比较表

Table 2 Comprehensive technical and economic comparison table

项目	方案一	方案二	方案三
潮流分布	合理	合理	合理
电压水平	合格	合格	合格
网络结构	清晰	清晰	较清晰
送出可靠性	高	较高	较高
实施难易	一般	一般	较难
远景发展适应性	好	好	一般
运行管理	方便	方便	方便
一次投资相对值/万元	1 445	1 020	2 330
有功网损相对值/MW	0.081	0	0.188
年电能损失费相对值/万元	32.4	0	75.2
年费用相对值/万元	135.41	95.58	218.33

由表 2 可知, 方案一、方案二采用垃圾电厂 T 接方式, 新建线路段相对较短, 一次投资相对较小; 方案三采取一回 T 接威广线、一回直接接入威灵变的接线方式, 新建线路较长, 投资最高。从投资来看, 方案二投资额度最低。

从资源占用角度考虑, 3 个方案中, 方案三占用 220 kV 变电站 1 个 110 kV 出线间隔; 其余 2 个方案均利用现有 110 kV 线路, 采取 T 接方式接入系统, 不需要重新占用 110 kV 间隔; 就 110 kV 间隔资源比较,

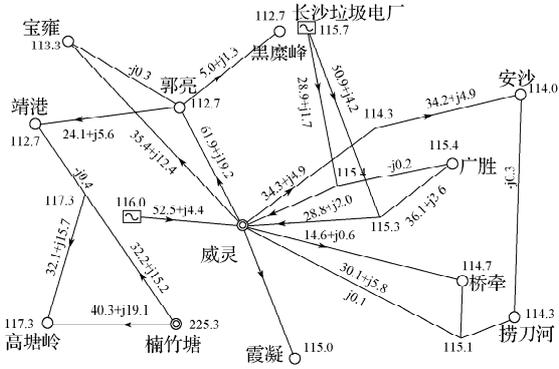


图5 方案一夏大潮流示意图

Fig. 5 Trend schematic of Option I of summer peak period

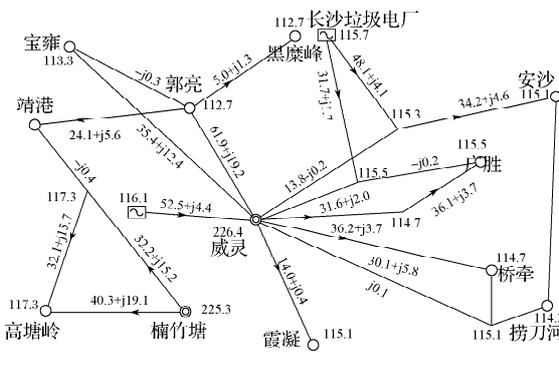


图6 方案二夏大潮流示意图

Fig. 6 Trend schematic of Option II of summer peak period

方案三差于其余方案。

远景威灵供电区将新上 220 kV 白石变,威安线、威广线双回 110 kV 线路剖入白石变,安沙、广胜变将转由白石变供电,威灵与白石变间形成三回 110 kV 联络通道,根据长沙城市电力专项规划报告结论,该威灵与白石变 110 kV 通道间仅规划有 110 kV 双桥变,双桥变采取剖入一回威灵-白石变 110 kV 联络通道的供电模式,其示意图见图 8。

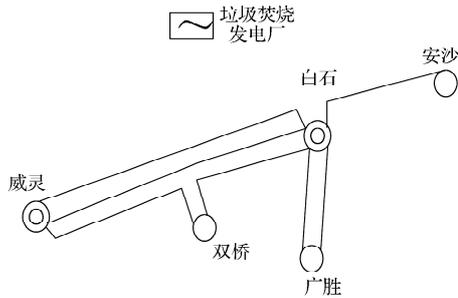


图8 远景威灵-白石变 110 kV 联络通道示意图
Fig. 8 110 kV transformer substation contact channel diagram for Yuanjingweiling-Baishi

方案一、方案二远景发展设想如图 9,充分利用威灵-白石变间的三回 110 kV 线路通道,且方案一、方案二运行方式灵活,随着白石变投产,垃圾电厂电能通过威灵变 220 kV 变电站发散,异常情况下垃圾电厂电能也可以通过白石变发散,远景适应性更强。

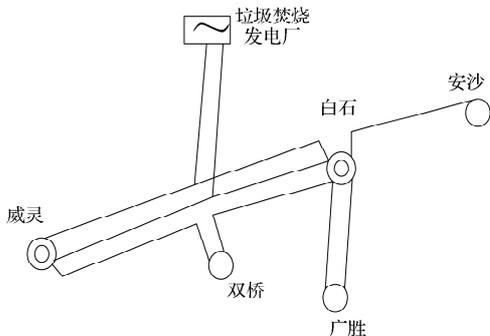


图9 方案一、方案二远景发展设想
Fig. 9 Vision development plan of option I and II

方案三远景发展设想如图 10,垃圾电厂一回线路采取新建线路走廊,远景威灵-白石变的三回 110 kV 联络通道仅剖入一个双桥变,不仅造成网络资源浪费,垃圾电厂的接入更需开辟新的通道走廊,使得网络结构复杂。从远景规划来看,此方案适应性较差。

结合远景威灵-白石变间联络通道规划,3 个方案均能形成威灵-垃圾焚烧发电厂-白石变的 110 kV 线路,垃圾发电厂电能将通过 220 kV 威灵变发散,其远景规划结合较好。

综上所述,就远景适应性分析,方案一、方案二较优。

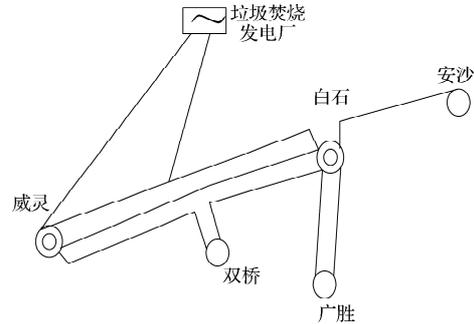


图10 方案三远景发展设想
Fig. 10 Vision development plan of option III

方案一、方案三垃圾电厂电能通过威灵变上网,在威灵变全站停电情况下,垃圾电厂只能停机。方案二,垃圾电厂一回线路 T 接威安线,当另一回路故障情况下,垃圾电厂电能将在安沙、捞刀河变得以消纳,其外送可靠性较方案一、方案三高。

3 个方案均采用 T 接方式接入电网,运行管理难度相当。

综合上述比较,3 个方案中以方案二投资较低、远景适应性强、送出可靠性较高,方案实施难度相差不大,倾向于采用方案二作为垃圾焚烧发电厂的接入系统方案。

3 暂态稳定性计算分析

电网的稳定至关重要,对于接入系统而言,稳定也是不可忽略的重要问题之一。对一个系统进行暂态稳定性分析可以提前预测系统是否稳定,并采取相应的措施,防止事故的发生或者是在一定程度上减缓事故的严重性,提高供电可靠性。

3.1 概述

电力系统暂态稳定是指电力系统受到大干扰后,各同步发电机保持同步运行并过渡到新的或者恢复到原来稳态运行方式的能力。

判断电力系统遭受到大干扰之后,能否继续保持稳定运行的主要标志是:各机组之间的相对角摇摆是否逐步衰减或局部地区的电压是否崩溃。通常大干扰后的暂态过程会出现 2 种可能的结局:一种是各发电机转自间相对角度随时间的变化呈摇摆状态,且振荡幅值逐渐衰减,各机组之间的相对转速最终衰减为零,各节点电压逐渐回升到接近正常值,使系统回到干扰前的稳定运行状态,或者过渡到一个新的稳定运行状态。在此种状态下,所有发电机仍然保持同步运行。这种结局,电力系统是暂态稳定的。另一种结局是暂态过程中某些发电机转子之间的相对角度随时间

不断增大,使这些发电机之间失去同步或者局部地区电压长时间很低^[7]。这种结局,电力系统是暂态不稳定的,俗称电力系统失去暂态稳定。发电机失去同步后,将在系统中产生功率和电压的强烈振荡,结果使一些发电机和负荷被迫切除,情况严重时,甚至会导致系统的解列或瓦解。

3.2 暂稳计算数学描述

如前所述,暂态稳定主要是研究系统受到大干扰后,各同步发电机能否维持稳定运行的问题。因此,暂态稳定计算首先是以某一稳态的潮流计算结果作为初始状态。此外,暂态稳定计算的数学模型包括一次电网的数学描述(网络方程)和发电机,负荷,无功补偿,直流输电,发电机的调压器、调速器、电力系统稳定器、继电保护等一次设备和二次装置动态特性的数学描述(微分方程),以及各种可能发生的扰动方式和稳定措施的模拟等^[8]。因此,PSASP暂态稳定计算的数学模型可以归为以下3个部分。

电网的数学模型,即网络方程

$$\mathbf{X}=\mathbf{F}(\mathbf{X},\mathbf{Y}),$$

式中: $\mathbf{F}=(f_1, f_2, \dots, f_n)^T$;

$\mathbf{X}=(x_1, x_2, \dots, x_n)^T$ 为网络方程求解的变量;

$\mathbf{Y}=(y_1, y_2, \dots, y_n)^T$ 为微分方程求解的变量。

发电机、负荷等一次设备和二次自动装置的数学模型,即微分方程如下:

$$\mathbf{Y}=\mathbf{G}(\mathbf{X},\mathbf{Y}).$$

式中 $\mathbf{G}=(g_1, g_2, \dots, g_n)^T$ 。

扰动方式和稳定措施的模拟,如电网的简单故障或复杂故障及冲击负荷、快关气门、切机、切负荷、切线路等。这些因素的作用结果是改变 \mathbf{X} , \mathbf{Y} 。

3.3 接入系统稳定性分析

选取湖南电网稳定问题相对严重的丰大运行方式进行分析。

考虑各种故障时继电保护和断路器均能正确动作,其操作时序为110 kV线路单永故障。1) 线路装有全线速动保护时动作时序为:0 s故障,近侧0.12 s三相跳闸,远侧0.14 s三相跳闸,近侧3.62 s三相重合闸,远侧3.64 s三相重合闸,重合不成功则近侧3.72 s三相跳闸,远侧3.74 s三相跳闸。2) 线路未装有全线速动保护时动作时序为:0 s故障,近侧0.12 s三相跳闸,远侧0.6 s三相跳闸,近侧3.62 s三相重合闸,远侧4.1 s三相重合闸,重合不成功则近侧3.72 s三相跳闸,远侧4.2 s三相跳闸。

本项目研究中,垃圾发电厂送出的新建110 kV线路按照装有全线速动保护考虑,其余110 kV线路按

照未装设全线速动保护考虑。发电机数学模型采用次暂态电势 E'_q 变化模型,并计算调速器、调压器的影响。负荷采用感应电动机和恒定阻抗组合的模型,恒定阻抗所占比例为35%,感应电动机所占比例为65%。综上所述,得出稳定性分析的结果如表3和图11所示。

表3 110 kV线路单永故障时稳定性结果分析

Table 3 Stability analysis of 110 kV line at single permanent fault

故障线路	故障点	方案一	方案二	方案三
威灵-郭亮	威灵	√	√	√
	郭亮	√	√	√
威灵-宝雍	威灵	√	√	√
	宝雍	√	√	√
威灵-桥牵	威灵	√	√	√
	桥牵	√	√	√
威灵-霞凝	威灵	√	√	√
	霞凝	√	√	√
威灵-安沙	威灵	√	/	√
	安沙	√	/	√
威灵-广胜	威灵	/	√	√
	广胜	/	√	√
捞刀河-安沙	捞刀河	√	√	√
	安沙	√	√	√
威灵-垃圾发电厂-广胜	威灵	√	√	√
	垃圾发电厂-广胜	√	√	√
垃圾发电厂-威灵	威灵	/	/	√
	垃圾发电厂	/	/	√
威灵-垃圾发电厂-安沙	威灵	/	√	/
	垃圾发电厂-安沙	/	√	/
垃圾发电厂-安沙	威灵	/	√	/
	垃圾发电厂	/	√	/

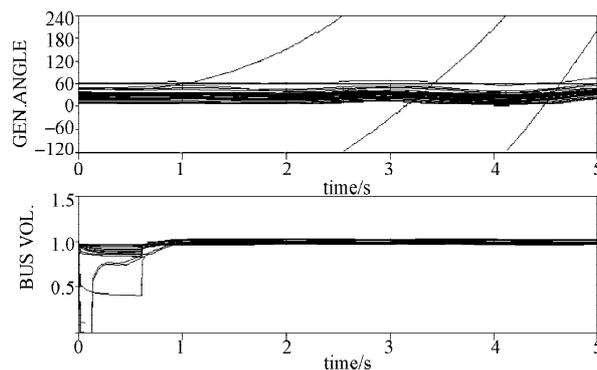


图11 暂态稳定

Fig. 11 Transient stability

由表3和图11可得:

1) 从图11可以看出,故障期间故障线路的电压均有所下降,故障结束后电压回升至正常值。由于各个方案中垃圾电厂接入均采用双回路方案接入,且发电机组的运行方式为并列运行,一回线路故障时,将通过另一回线路输送潮流,并不会造成垃圾电厂的切机或者解列。

2) 3个接入系统方案中,在垃圾发电厂直接送出的110 kV线路发生故障时,各方案稳定水平相差不大。

3) 在每个方案中,在威灵220 kV变供电范围内的其余110 kV线路故障时,垃圾发电厂均能够与系统保持稳定。

综上所述,垃圾发电厂接入系统3个方案的稳定水平相差不大,方案二的稳定水平较高。

4 结语

本文以望城区电网现状和规划为基础,对长沙垃圾焚烧发电厂的接入系统方案进行经济技术的综合比较,选出一种较为合适的方案,分析过程中进行了潮流计算和暂态稳定计算。研究结果表明,方案最终选定为:新建垃圾电厂双回T接至规划中的威灵-广胜变110 kV线路,新建架空线路7.5 km(LGJ-300/双回),形成双回威灵-垃圾电厂-广胜110 kV线路。该方案投资较低、远景适应性强、送出可靠性较高,方案实施难度相差不大,推荐方案二作为垃圾焚烧发电厂的接入系统方案。

参考文献:

- [1] 徐海云. 理性分析生活垃圾焚烧热点问题[J]. 建设科技, 2010, 15(1): 134-135.
Xu Haiyun. Rational Analysis of Municipal Solid Waste Incineration Hot Issues[J]. Construction Technology, 2010, 15(1): 134-135.
- [2] 王海泉. 生活垃圾焚烧处理电厂运行分析[D]. 广州: 华南理工大学, 2011.

Wang Haiquan. The Operation Analysis of Municipal Solid Waste Incineration Plant[D]. Guangzhou: South China University of Technology, 2011.

- [3] 王亚楠. 一起110 kV变电站接入系统方案研究[J]. 民营科技, 2014(10), 5-5.
Wang Yanan. An Access System Scheme of 110 kV Substation[J]. Private Technology, 2014(10), 5-5.
- [4] 刘胜利. 生活垃圾焚烧发电厂接入系统设计[J]. 农村电气化, 2009(3): 55-56.
Liu Shengli. Design of Access System of Municipal Solid Waste Incineration Power Plant[J]. Rural Electrification, 2009(3): 55-56.
- [5] 黄书宝, 林 因, 林 波. 福清市生活垃圾电厂接入系统方案分析[J]. 电力与电工, 2011, 31(4), 22-24.
Huang Shubao, Lin Yin, Lin Bo. Analysis on Scheme of Connecting of Fuqing Garbage Incineration Power Plant to Power Grid[J]. Electric Power and Electrical Engineering, 2011, 31(4), 22-24.
- [6] 王振宇, 凌 骏, 苏志扬. 怀化石煤电厂接入系统方案研究[J]. 华中电力, 2010, 23(1): 19-22.
Wang Zhenyu, Ling Jun, Su Zhiyang. Study on Scheme of Connecting Huaihu Stone-Coal Power Plant to Hunan Power Grid[J]. Central China Power, 2010, 23(1): 19-22.
- [7] 余旭阳. 电力系统暂态稳定概率分析及控制的研究[D]. 天津: 天津大学, 2004.
Yu Xuyang. Research on Power System Transient Stability Probability Analysis and Control[D]. Tianjing: Tianjing University, 2004.
- [8] Bahia Ligia. The Demographic Window, Economic Growth and the Public Health and Social Security Policies[J]. Ciencia & Saude Coletiva, 2008, 13(4): 1112-1115.

(责任编辑: 申 剑)