

莫斯科大停电分析及启示

鲁顺¹, 高立群¹, 王珂¹, 刘佳¹, Zhenyu Fan², 郭春雨³

(1. 东北大学信息科学与工程学院, 辽宁 沈阳 110004; 2. KBMA T&D Consulting Raleigh, NC USA 27607;

3. 辽宁电力调度通信中心, 辽宁 沈阳 110006)

摘要: 详细分析了莫斯科大停电事故发生、发展阶段调度运行人员在安排方式、限制负荷等方面存在的问题, 指出接近极限输电、稳定控制装置配置不完善、运行人员培训不利、电网建设滞后等是事故的深层次原因。提出了为吸取莫斯科大停电的教训, 我国应从加强第三道防线建设、加强无功电源建设及管理、加快电网建设等硬件方面及坚持统一调度分级管理、加强运行及设备监视、加强调度人员培训等软件建设等方面应作好的相关工作。

关键词: 大停电; 电力系统调度; 安全稳定

中图分类号: TM73 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-4897(2006)16-0027-05

0 引言

2005年5月25日(当地时间)俄罗斯莫斯科南部地区发生大面积停电事故,引起世界各国政府及业内人士的高度关注。此事故是继2003年8月14日美、加大停电、2004年7月12日希腊首都雅典停电、11月18日西班牙首都马德里市中心大停电、2005年1月8日瑞典西南部飓风袭击大停电后的又一次世界范围内影响较大的停电事故。大停电事故从反面让我们认识到电能已经成为社会生活中不可或缺的基本要素。现代电力系统的实时性、与其复杂性伴生而至的脆弱性、电力事故后果的恶劣性,使得对电力系统可靠性、安全性的要求达到了一个空前的高度。

我国电网的情况与俄罗斯电网情况比较相似,在发展初期借鉴了很多俄罗斯(前苏联)的管理模式和运行经验,因此分析总结这次事故对我们的电网运行管理具有重大意义。

1 莫斯科大停电事故情况

1.1 事故电网简介

莫斯科停电区域示意如图1。莫斯科环网由7座500 kV变电站组成,其中5座与外网相连。

1.2 事故起因及过程

大停电事故实际开始时间是5月25日10时12分^[1],到5月25日12时30分达到最严重情况,下午开始逐步恢复供电,到26日18时30分,供电全部恢复^[1]。

电网大事故通常是由多重事故并发造成,此次

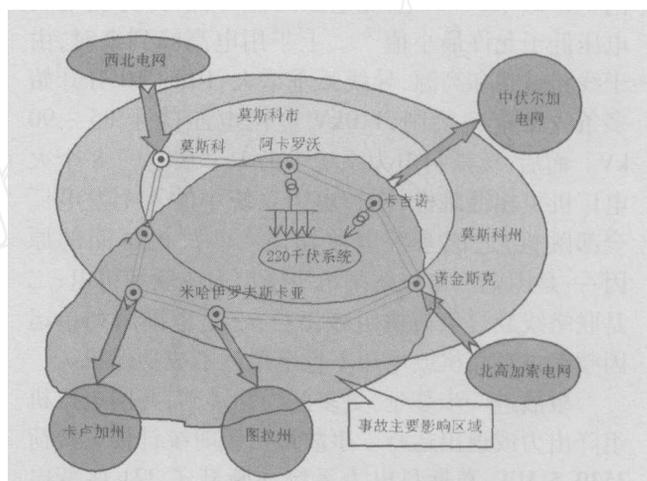


图1 莫斯科大停电区域示意图

Fig 1 Sketch map of Moscow blackout district

也不例外。大停电前一天,即莫斯科时间2005年5月24日20时57分,500 kV卡吉诺变电站内110 kV母线分段开关测量用电流互感器三相起火爆炸,母差保护断开110 kV II母线的1、2段,瓷瓶碎片导致500 kV I母线、#1自耦变压器退出运行。21时17分由于220 kV I母线 I段出现两相接地短路,耐张绝缘子串掉下,造成220 kV母线及500 kV主变停电,随即保护跳开了多条220 kV线路,站用变全停,所有空气压缩机被切断^[2]。恰吉诺变电站500、220、110 kV母线全部断电,造成莫斯科500 kV环网的解列。连接在本所的部分电厂机组停运,共损失电力640 MW。同时造成与其相连的220 kV“卡波特尼”变电站停运,迫使由其供电的莫斯科石油加工厂部分断电,莫斯科市内由其供电的部分城区断电^[1]。

24日 22时 10分,恰吉诺-鲍利亚季诺 110 kV 线路向恰吉诺变电站 110 kV II 母线 I 段送电, #3 自耦变压器的 110 kV 开关投入,送电至 #5 站用变, 23:00 方式处领导到现场分析调整了系统运行方式,并下令起 3 台机组。断电城区陆续恢复供电。石油加工厂负荷恢复,事故前由 220 kV 线路供电而此时由 110 kV 线路送电^[3]。卡吉诺变电站连夜进行设备抢修。整个 5 月 25 日凌晨,中央调度局和中心地区联合调度局调度人员努力工作,恢复了 500 kV 莫斯科环网。

5 月 25 日早 8 点,莫斯科电力系统某些电力枢纽点电压偏低,给石油工厂供电的 110 kV 线路又跳闸发生潮流转移,导致 110 kV、220 kV 线路向莫斯科侧潮流增大,出现变压器过负荷。同时莫斯科电网 110 kV、220 kV 系统电压迅速降低,部分变电所电压低于允许最小值^[2]。上午用电高峰到来时,由于线路过载和高温,导线弧垂增大,10 时 10 分开始多条线路重载跳闸,110 kV 电网电压降至 85~90 kV。而后,莫斯科电力系统中的 1 个水电厂、8 个火电厂机组相继跳机,图拉电力系统中的 4 个发电厂全部跳机,造成系统电压崩溃^[2]。跳机可能的原因:一是因电厂出线跳闸机组降出力或联切机组;二是联络线族过负荷机组减出力;三是电网解列单运因频率过高停机或电压不稳定单运不成功停机。

事故进一步蔓延,更多的线路跳闸,并网电厂机组降出力或退出运行。事故最严重时统计损失负荷 3539.5 MW,莫斯科电力系统共断开了 321 座变电站,其中 16 座 220 kV, 201 座 110 kV, 104 座 35 kV^[2]。

12 时 30 分,运行人员进行操作和自动装置动作,使事故得到控制。尽管事故方式复杂,但 500 kV 电网和俄罗斯统一电力系统未受到影响。

1.3 恢复情况及影响

事故后图拉州和卡卢加州的电网解列运行,分别进行各自电网的恢复工作。莫斯科电网首先恢复对重要用户的供电。26 日 6 时热电站逐步恢复运行。7 时 45 分,卡希诺变电站恢复运行,同时网内备用机组在早高峰时段投入;8 时所有变电站恢复运行;12 时所有电话通讯恢复;14 时 40 分,莫斯科全市已全部恢复供电,南部的图拉、卡卢加和梁赞州供电恢复正常。从卡希诺变电站发生故障到系统恢复正常共计 41 小时^[4]。

停电事故对社会正常秩序造成了严重影响。断电导致了街头出现极大的混乱,地铁线停运、医院的

供电受到影响、银行系统也受到波及、百货商场和商业中心的电梯瘫痪,莫斯科南部地区的办公楼、住宅楼、工业设施、店铺等全部停电,移动通信系统和互联网瘫痪^[4]。

停电同时引发一系列的环境问题:如污水处理厂停电,污水处理受影响,大量污水直接排入莫斯科河;化工厂因停电有害气体排到空中。莫斯科市大量交通指挥灯和地上公交线路停运,3 个水厂供水中断,11706 幢建筑停电^[4]。

2 莫斯科大停电事故原因分析

2.1 事故发展及恢复过程分析

电网大事故一般在“ $N-1$ ”情况下不会发生,仅在多重问题叠加的情况下才可能造成大停电。前一天卡希诺变电站电流互感器起火爆炸似乎和大停电没有直接关系,但这个事故导致电网运行方式的改变,由 220 kV 线路输送的潮流改从 110 kV 线路输送。最大输送能力为 100 MW 的 110 kV 线路带炼油厂负荷约 80 MW,同时带附近的地区负荷,线路已经重载,并未考虑其跳闸的后果。安排方式是在负荷低谷时段,对白天负荷增长考虑不周全。电网公司重视对像炼油厂这样的重要用户供电,在线路重载情况下仍未考虑限负荷。可见电网改变正常运行方式后没有采取相应的预防措施,是发生大停电直接根源。

5 月 25 日早,此 110 kV 线路跳闸,发生了潮流变动。天气炎热造成空调负荷(无功消耗大)大量增长,10 时 10 分多条线路过载跳闸,造成地区电网单运,电厂机组停运或单运。此过程中可能存在和美、加大停电类似现象,因局部电网故障,引起功率大量转移,导致联络线路过负荷,引发功率振荡,无功不足地区电压急剧降低,导致电压崩溃,造成电网稳定破坏事故,电网大面积停电。

事故发展持续两个多小时。运行人员在事故发生前线路重载,而负荷继续增长没有采取拉闸限电或投入受端备用电源(启动备用机组)等具体措施。电网的安全稳定措施,如过负荷控制、失步解列、低频低压解列、低压切负荷等配置情况是否正常投入及动作情况均没有说明,这些措施能有效制止电网事故的扩大。

11 时 11 分政府动用战备电源保障重要用户供电。恢复过程中优先恢复对重要用户的供电,电厂机组并网,变电站恢复运行,备用机组投入,单运系统与主系统并列。网内两台备用的 30 万 kW 机组

在 26 日早高峰时段投入。若 25 日就将这两台机组投入情况会好。26 日 18 时 30 分,停电地区全部恢复供电。

2.2 事故的直接原因分析

(1) 事故的直接原因气温高用电负荷大幅增长,线路过负荷跳闸引起连锁反应,线路相继跳闸,导致大面积停电。前一天运行 40 多年的变电站电流互感器爆炸起火,造成 220 kV 线路停运,负荷改 110 kV 线路带是过载的直接原因。

(2) 设备运行维护不当造成电流互感器爆炸是事故发生的导火索。设备老化严重时应正确估计设备的老化程度及对运行的影响,加强运行维护。

(3) 在调度运行管理方面,事故的发生发展过程持续了 2 个多小时,有一个从故障到事故最后到停电的事件的发生和发展的过程,每个事件之间都有相当多的时间,但在这个时间间隔里,运行调度人员没有采取有效的措施。事故不断扩大,最后不可逆转的停电。在设备重载情况下,电网调度部门应果断采取拉闸限电等有效措施。俄罗斯地区调度拉闸需要层层上报,最后由统一电网公司批准,这样可能错过事故处理的最佳时机。受市场机制的影响,切负荷受到严格限制。

(4) 电网公司的负荷预测未能及早预测高温造成的负荷增长,未考虑到运行方式的变化,对大量线路重载估计严重不足,未采取预防措施。

(5) 机组投切不灵活,层次太多,反应过慢。实际运行人员权力太小,对事故处理不利。

2.3 事故更深层次的原因分析

(1) 电网薄弱,接近输送极限送电,安全稳定裕度小。一旦线路跳闸引起潮流大量转移时,就引起线路的严重过载,发生系列连锁反应,扩大事故。在电网的规划建设和运行中未考虑保证合理的电网安全稳定裕度。

(2) 莫斯科电力系统安全稳定控制装置配置不完善,没有有效的预防控制措施,缺少紧急控制和失步控制装置。最基本的电网安全稳定措施,如过负荷控制、失步解列、低频低压解列、低压切负荷等配置有问题,不能制止电网事故的扩大。

(3) 调度运行人员在遇到线路大量跳闸后未采取果断措施限制事故扩大。应急处理机制不健全,平时没有制订运行控制原则和事故处理预案,遇到事故不能果断处理,任其发展^[5]。

(4) 莫斯科电网建设滞后经济发展。设备容量较小,无法承担重负荷。电网公司主要负责人年初

曾说过,“电力系统已经过负荷,主要输电线路已经开始过载,一些地方的导线已经开始过热。这意味着一旦负荷持续增长就会造成输电线路跳闸,没有电源备用的地区就会造成停电^[1]”。可见,电网建设并未受到重视。

(5) 俄统一电力系统公司领导层对于公司日常业务缺乏关注,不太重视电网目前的运行情况^[3]。

3 莫斯科大停电给我们的启示

随着我国经济的高速增长,电网规模迅速扩大。我国电网网架远不如莫斯科电网坚强。为吸取莫斯科大停电的教训,切实保障系统安全和用户可靠供电,必须从电网硬件、软件建设等方面作好相关工作。

3.1 电网硬件建设

(1) 开发电网在线预警和预防控制决策支持系统

需要开发电网在线预警和预防控制决策支持系统,即一套自动化系统给出足够明确的警示。根据电网运行状态的变化,随时给出电网可能出现的薄弱环节,并对薄弱环节给出预防控制的建议。领导和技术人员应该认识到预防大停电第一位的应该是如何做到防范于未然,而不是亡羊补牢。需要进行早期预警,采取预防控制措施,限制系统向严重的紧急状态发展。到了严重的紧急状态后,调度人员已经无能为力,只能等待紧急控制装置的动作了。

例如,莫斯科 220 kV 线路跳闸后,所发生的潮流转移可立即(小于 1 分钟)被 EMS 系统感知,可被预警系统分析并报警,屏幕上明显地显示出 110 kV 的线路正在过载,它已经承受不起新的开断。同时给出报警,再给出要缓解这个问题,需切除什么地方的负荷及需要切多少等。

常规的经验教训是要反复强调,但更具有实用意义的经验教训应该是防范,这需要科学,需要创新,需要新技术的支持,需要电网在线安全预警和决策支持系统。

(2) 加强第三道防线建设

第三道防线指当电力系统遇到多重严重故障而稳定破坏时,依靠失步解列装置将失步的电网解列,并由频率及电压紧急控制装置保持解列后部分电网功率的平衡,防止事故扩大、大面积停电^[6]。在电网遇到多重性故障,如断路器拒动、保护误动或拒动、多回线相继跳闸引起断面断开等严重事故,应依靠第三道防线的措施,即:

配置失步解列装置,当系统失去同步时在预定的解列点将系统解列为几个部分,防止事故扩大;网间联络线还应根据需要配置低频解列及低压解列的装置,以便在紧急状态下隔离事故电网;

配置足够的低频减载装置,在系统有功功率缺额时自动切负荷;配置过频切机装置,在有功功率过剩时自动切机;

配置低电压自动切负荷装置,在系统无功功率缺额时自动切除相应的负荷,维持系统的电压稳定。总之,立足电网最不利情况,保证系统在任何情况下不能瓦解,尽量减少负荷的损失。

(3)加强无功电源建设及管理

目前电压稳定问题的研究工作相对滞后,应将电压稳定分析纳入规划设计中,重视无功电源的规划建设,根据负荷分布和电网特点,在各地区设置足够的电压支撑点,尽量从网架结构上减少电压失稳的可能性。发电机组的无功能力和励磁系统的技术指标应满足系统的电压和无功调节的需要。应在重负荷地区增加充足的无功补偿装置,以利运行控制。

(4)对重要联络线的跳闸必须采取有效的控制对策

考虑送电功率较大的网间联络线和地区电网间联络线,当重载的重要联络线跳闸时,靠调度员人为判断过载再拉闸是来不及的,必须采取跳闸联切措施,即联络线跳闸同时在受端网切除相应数量的负荷(或送端电网联切相应容量的机组),使系统内功率迅速重新平衡,不足部分可由低频低压减载措施做后备进行补充。

(5)加快电网建设,加速老旧设备改造,加强电网结构

电源建设应适当超前经济发展,电网建设应超前电源建设。坚强的电网结构是预防大停电的前提^[6]。合理的网架结构和电源布局是电网安全稳定运行的前提。加强电源建设的同时必须加强电网建设,尤其是重要输电断面线路建设和大城市供电电网的建设。我国电网五、六十年代建成运行的变电站、输电线、电厂很多,必须加快老旧设备改造。许多重要输电断面仍在负荷尖峰时段接近稳定极限运行,这种局面非常可怕,一旦有线路或主变跳闸,可能引起大面积拉闸限电,必须引起充分重视。

(6)加强二次系统建设和管理

开展对重要厂站配置双套母差保护工作,避免由于母差保护定检或拒动导致的大面积停电事故;加强快速保护的运行管理工作,确保任意元件发生

故障后,能够快速切除,避免因故障切除时间过长而造成事故扩大^[7]。

3.2 电网软件建设

(1)坚持统一调度,分级管理

要强调电力系统的统一调度,更应重视分级管理。对于不同电压等级的异常或事故一定要分清职责,各级调度在自己责权范围内果断处理。

要严肃调度纪律,加强对电厂的调度运行管理,坚持安全第一,预防为主。要尽快明确事故应急处理的职责,解决系统备用、调峰、调频、调压等保证电网安全所必须的辅助服务问题;应尽快完善无功电压、继电保护、安全自动装置等方面的运行管理规定,完善管理措施。

(2)加强电网运行监视

加强电网安全运行状态的监视,一旦发现偏离正常状态,及时采取预防性控制措施,尽快使电网恢复正常的安全状态^[8]。

应重视系统内由于设备跳闸、潮流突然转移引起线路、变压器的过载问题。多次大停电事故都是从潮流突然转移、线路过载诱发的。消除设备严重过载的最有效措施是用稳定控制装置根据过载情况自动切除相应数量的电源或负荷。调度人员不能完全依靠自动装置,应能正确判断过载情况,在无连切装置或装置拒动时能果断处理。

(3)加强设备管理及运行维护

运行中应加强对设备的运行维护,及早发现设备缺陷,及时处理,防止破坏事故发生;加强对输电走廊的清理,防止树木与线路之间距离太近,酿成故障;运行中应对重要设备,特别是变压器实行在线监测,确保设备稍有异常立即发现。检修方式推广状态检修。

(4)加强运行人员培训

建立完备的培训机制,重视对运行人员日常操作及事故处理的培训,使他们具有对紧急状态和事故的识别和处理能力^[9]。

(5)制定事故处理预案和完备的黑启动方案

针对电网的现状及存在问题进行深入细致的分析研究,及时发现电网的薄弱环节及事故隐患,制定运行控制原则和事故处理预案,针对不同时期严重影响系统安全运行的薄弱环节开展联合反事故演习,提高调度运行人员的事故处理能力及应变能力。同时应深入研究系统主网或局部电网大面积失电后的黑启动方案,实现多点电源启动,在条件许可范围内并进行试验验证,以便在电网瓦解后尽快恢复供

电。

3.3 其他方面

(1) 加强特殊用户自备电源建设

从莫斯科大停电看,电网一旦发生大面积停电事故,由电网提供的多路电源都失去作用,因此重要用户必须有自救措施。重要用户如医院、厂矿等应加强备用电源的装设和管理,一旦发生大停电可以自救减少损失。

(2) 增强危机意识,动员全社会力量,预防和应对大停电

电力系统是一个巨大复杂的网络系统,直接暴露,具有先天的脆弱性,抗外力破坏能力非常差。少数小范围的故障或破坏,就可能造成雪崩式的连锁故障,导致网络的大部分甚至整个系统瘫痪。我们应当有大停电的危机意识,充分作好防范工作。

平时对可靠供电的重要性应进一步加强宣传,全社会行动起来,爱护电力设施,打击破坏电力设施行为。地方政府应该制订大停电紧急应对预案。一旦发生大停电,能灵活有序管理社会秩序,将损失减小到最低。

加强公众应对危机能力的培养,增强市民自我防范、安全自救意识。我国人口众多,素质不一,在平时就应作好预防,在紧急状态下保持秩序稳定。一旦发生大停电,不能有恐慌心理,应理解这只是暂时现象,协助管理者作好事故处理工作。

参考文献:

- [1] Resources for Understanding the Moscow Blackout of 2005. Power Systems Engineering Research Center [Z]. Cornell University.
- [2] 莫斯科 5.25 大停电事故调查报告 - 俄罗斯统一电力系统事故调查委员会 [Z]. 华北电力科学研究院有限责任公司, 2005.
- [3] 王建军. 莫斯科 5.25 大面积停电事故概况 [Z]. 华东电力试验研究院, 2005.
- [4] 关于俄罗斯莫斯科大面积停电事故的情况汇报 [Z]. 国调中心, 2005.
- [5] 莫斯科及周边地区发生大停电初步报告 [Z]. 国电信息中心, 2005.
- [6] 孙光辉, 沈国荣. 加强电网三道防线确保我国电力系统的安全 [A]. 中国科协 2004 年学术年会电力分会场暨中国电机工程学会 2004 年学术年会论文集. 海

南: 2004. 464-469.

SUN Guang-hui, SHEN Guo-rong Enhancing Three-defense Lines for Insuring the Security and Stability of the Power Grid of China [J]. Hainan: 464-469.

- [7] 陈德树. 大电网安全保护技术初探 [J]. 电网技术, 2004, 28(9): 15-17.
CHEN De-shu Preliminary Research on Security Protection Technology of Large-scale Power Grid [J]. Power System Technology, 2004, 28(9): 15-17.
- [8] 何大愚. 一年以后对美加“8.14”大停电事故的反思 [J]. 电网技术, 2004, 28(21): 1-5.
HE Da-yu Rethinking Over 8.14 US-Canada Blackout After One Year [J]. Power System Technology, 2004, 28(21): 1-5.
- [9] 刘永齐, 谢开. 从调度角度分析 8.14 美加大停电 [J]. 电网技术, 2004, 28(8): 10-15.
LIU Yong-qi, XIE Kai Analysis on Blackout of Interconnected North America Power Grid Occurred on Aug. 14 2003 from the Viewpoint of Power System Dispatching [J]. Power System Technology, 2004, 28(8): 10-15.
- [10] 韩祯祥, 曹一家. 电力系统的安全性及防治措施 [J]. 电网技术, 2004, 28(9): 1-6.
HAN Zhen-xiang, CAO Yi-jia Power System Security and Its Prevention [J]. Power System Technology, 2004, 28(9): 1-6.
- [11] 蔡洋. 电网调度管理须与电网发展俱进——北美东北电网事故浅析 [J]. 电网技术, 2004, 28(8): 7-11.
CAI Yang Power System Operation Control Should be in Step with This Expansion——a Brief Analysis of Large Scope Blackout in Interconnected Northeast America Power Grid [J]. Power System Technology, 2004, 28(8): 7-11.
- [12] 栾军中电联本部举办“莫斯科大停电”报告会 [Z].
- [13] 关于俄罗斯莫斯科大规模停电情况的报告 [Z]. 国家电网公司, 2005.
- [14] 张伯明, 吴素农, 蔡斌, 等. 电网控制中心安全预警和决策支持 (EWS) 系统 [A]. 第 29 届中国电网调度运行会. 上海: 2005.

收稿日期: 2006-02-22; 修回日期: 2006-03-09

作者简介:

鲁顺 (1971 -), 男, 博士生, 高级工程师, 从事电网调度运行工作. E-mail: l_shun@163.com

(下转第 67 页 continued on page 67)

出版社, 2003

GUO Yong-ji Power System Reliability Analysis [M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2003

- [13] Weber E, Adler B, Allan R, et al Reporting Bulk Power System Delivery Point Reliability [J]. IEEE Trans on Power Systems, 1996, 11: 1262-1268
- [14] 中国电力企业联合会电力可靠性管理中心, 2004年度中国电力可靠性指标 [EB/OL]. Available: <http://www.chinaer.org/fabuhui/ind2004.asp>. The China Electric Reliability Center The China Power System Reliability Index in 2004 [EB/OL]. Available: <http://www.chinaer.org/fabuhui/ind2004.asp>.
- [15] Chowdhury A A, Koval D O. Application of Customer Interruption Costs in Transmission Network Reliability Plan-

ning [J]. IEEE Trans on Industry Applications, 2001, 37: 1590-1596

收稿日期: 2006-02-14; 修回日期: 2006-03-16
作者简介:

王超 (1981 -), 男, 博士研究生, 主要研究方向为电力系统可靠性分析及电力系统规划; E-mail: wangchao@zju.edu.cn

徐政 (1962 -), 男, 教授, 博士生导师, 主要研究方向为直流输电与柔性交流输电、电力谐波与电能质量、电力市场及其技术支持系统等;

高慧敏 (1978 -), 女, 博士研究生, 研究方向为电力系统建模、分析与控制。

Reliability and economic evaluation of China Southern Power Grid based on TPLAN

WANG Chao, XU Zheng, GAO Huimin

(Department of Electrical Engineering, Zhejiang University, Hangzhou 310027, China)

Abstract: China Southern Power Grid is now the only long-distance and huge capacity power system with AC and DC transmission lines in parallel in China. Its reliability and economic evaluation is of great engineering value. This paper discusses the particularity of hybrid AC/DC power system and introduces the reliability evaluation software package TPLAN respectively. By calculating the system reliability indices, this paper gets an overview of the reliability of China Southern Power Grid, and draws the conclusion that its severity grade is Grade 2. By calculating the area and load bus reliability indices, the conclusion is drawn that Guangdong Province is the most unsubstantial part of China Southern Power Grid. In order to improve the reliability of China Southern Power Grid, it should pay special attention to improve the reliability of Guangdong province first. The conclusion is confirmed by the economic evaluation of China Southern Power Grid based on the concept of CCDF. Once the algorithm is selected, the statistic data will affect the results greatly. The sensitivity of evaluation results to statistic data is studied. All these conclusions are very valuable for later operation and planning of power system in China.

This project is supported by National Natural Science Foundation of China (No. 50277034).

Key words: China Southern Power Grid; composite generation and transmission system; AC/DC system; reliability; economic evaluation; sensitivity analysis; analytical method; TPLAN

(上接第 31 页 continued from page 31)

Analysis and inspiration on blackout of Moscow

LU Shun¹, GAO Li-qun¹, WANG Ke¹, LU Jia¹, Zhenyu Fan², GUO Chun-yu²

(1. School of Information Science and Engineering, Northeast University, Shenyang 110004 China;

2. KEMA T&D Consulting Raleigh, NC, USA 27607;

3. Liaoning Electric Power Dispatching and Communication Bureau, Shenyang 110006, China)

Abstract: The problems existed in the dispatcher's treatment of arranging the mode of operation and limit the load etc, the process of taking place, development of Moscow blackout are described. This paper points out that power transmission at the margin, stable control equipment imperfection, dispatcher training unenough, transmission network construction lag, etc are the deep level reasons of the blackout. For learning the lessons from the blackout, engineers must do well for the power grid hardware construct such as enhancing three-defense line, enhancing reactive power source construction and regulation, enhancing transmission network construction etc, and software construction such as persevere unified land control and graded management, enhancing monitoring of equipment operation, enhancing dispatcher training, etc.

Key words: blackout; power system dispatching; security and stability