

基于风险理论的电网安全管理

李玉龙

(武汉理工大学 管理学院,湖北 武汉 430070)

摘要:针对我国电网的现状,探讨了电网安全管理引入风险理论的必要性;在分析电网安全风险的产生、传递和演变机理的基础上,认为我国电网安全风险管理体系应包括相关法律体系的构筑、电网安全的统一管理、电网安全风险应急机制的建立和电力企业素质的提高,并提出了电网安全的科学管理建议。

关键词:电网安全;安全管理;风险管理;风险理论

中图分类号:F426.61

文献标识码:A

文章编号:1001-7348(2010)18-0096-04

0 引言

我国的电力工业快速发展,已成为支柱能源和经济命脉。电力需求的持续增长,促使发电设备的容量持续增长。随着大型发电厂数量的增加和电力系统规模的扩大,单个发电厂在电力系统中的地位和作用逐步上升,电网的范围和规模不断扩大,电压等级越来越高,电网结构越来越复杂。目前,我国电力系统已经步入了大电网、大机组、高参数、超(特)高压、自动化、信息化的新阶段,正逐渐成为超大规模的复杂系统。容量上的超大规模、空间上的广域分布、扰动传播的广泛范围,是超大规模的复杂电力系统的主要特征。受到电力系统自身原因和外部干扰的影响,电网事故时有发生。如1996年美国西部电网的大停电和2003年的美、加大停电,是历史上最严重的停电事故之一,不仅给电力企业造成了重大的经济损失,而且给社会带来了巨大的政治、经济影响^[1]。随着大规模联合电力系统的出现,电力系统的结构和运行方式变得复杂多变,系统性事故和大面积停电事故的发生概率有所增加,危及电力安全甚至国家安全。如何保证电网的安全、稳定运行,是一个极其重要的研究课题,因此,有必要对我国电网进行安全分析,对电网安全风险进行控制和管理,以保证整个电力系统的安全、可靠、经济运行。

1 我国电网的现状

1.1 各地用电负荷屡创新高

截至2010年8月4日,国家电网经营区域内已有华北、华东、华中、西北4个区域电网以及北京、天津、河北、山

西、山东、江苏、浙江、上海等20个省级电网用电负荷创历史新高。华北电网最大负荷达1.53亿kW,较去年最大负荷增长14%,11次刷新电网负荷历史纪录;华东电网最大负荷达1.66亿kW,较去年最大负荷增长15.5%;华中电网最大负荷达1.1亿kW,较去年最大负荷增长16%。华中电网成为国家电网系统内第三个负荷过亿的区域电网,江苏电网成为国家电网系统内第一个负荷超6000万kW的省级电网,天津电网成为继上海、北京和苏州之后,国家电网系统内第四个负荷过千万kW的城市电网。

1.2 电网负荷长期高位运行

2010年6月22日,全国日发电量首次突破去年最高值122亿kWh,随后电网负荷始终保持高位运行。6月下旬至7月上旬,华北、华东、华中、西北电网及部分省级电网用电负荷相继创新高。7月7日全国日发电量达到132亿kWh,较去年最大值增长8%。7月26日开始,受大范围持续高温天气影响,国家电网全网用电负荷大幅度增加。8月4日,全国日发电量达到139亿kWh,较去年最大值增长14%,国家电网统调发电量达到107.7亿kWh,较去年最大值增长19%,均再创新高。

1.3 电网建设快速推进

2010年上半年,国家电网公司完成电网建设与改造投资824亿元;投产110(66)kV及以上线路22614km,同比增长27%;投产110(66)kV及以上变电容量10396万kVA,同比增长10.6%;现场新开工110(66)kV及以上交流线路20540km,变电容量10469万kVA。南方电网公司完成电网建设投资314.8亿元,投产110kV及以上线路3438km,变电容量2481万kVA。华东电网已经成为拥有特高压输电、超大容量发电机组、高科技密集的现代化

收稿日期:2010-05-18

作者简介:李玉龙(1972—),男,辽宁辽阳人,武汉理工大学管理学院博士研究生,高级政工师,研究方向为企业管理。

大电网,也是全球单一国家内第一大区域电网^[2]。

2 电网安全及电网安全风险

2.1 电网安全的内涵及其特点

用电负荷的屡创新高、电网的长期高位运行、电网的快速建设、电网系统的复杂性给安全带来了很大的威胁,一旦发生事故,影响将是巨大的,后果将非常严重,因此必须做好电网安全工作。电网安全是指为了保证电网系统的安全、稳定运行,采取各种措施防范未然,极力避免因外界环境的破坏性、电网内在的脆弱性、控制系统的不稳定性等导致的人身安全事故、供电保障不足等事件的发生。不确定性、危害性是其本质特征,这决定了风险管理的方法适合于电网安全管理。电网安全风险是指利用风险管理的理论、方法对电网安全进行分析、评价、控制和预警的过程。在电网安全风险管理体系中,建立科学的全面风险管理体系非常有必要,这是由电网安全的特征决定的。

为了有针对性地建立电网安全风险管理体系,首先必须深入了解和把握现代电网事故的特点及其新的发展趋势。根据对近年国内外典型电网安全事故的总结分析,将现代电网安全的特点概括如下:

2.1.1 风险致因多源性

自然灾害、设施故障、人为事故、社会因素、经济因素等都可能导致电网安全事故,例如,地震、雷雨等自然灾害可能破坏供电网络,引起电网供电故障;设施的老化或人为破坏会影响供电网络、控制系统、监视系统的功能发挥,引起电网供电故障;春节、圣诞等期间的群体性社会活动可能拉大人民对电力的需求,以致电网的满负荷运转,增加电网故障发生的概率;产业结构的调整可能导致电力需求聚变,特别是产业集中度的提升,将更深程度地打破“错开用电”的格局,增加局域电网满负荷运转概率,增强电网故障发生的可能性。

2.1.2 风险相干^[3] 频繁性

导致电网安全风险的因素是多样的,而且这些因素除了直接可能激发电网安全事故之外,还可能相互影响,使彼此对电网安全风险的致因作用增强,例如:在局部供电网络上,可能同时出现工业用电高峰和生活用电高峰,两者相互作用增加了电网安全事故的发生概率。另外,多种电网安全风险并存,相互影响,进一步扩大了风险的范围和风险的危害性。

2.1.3 风险后果放大性

随着电网设计的立体化、电网控制的自动化,各地电网的联系日益紧密,逐渐向一体化网络发展。在此背景

下,电网安全事故的影响日趋严重,其严重性不仅体现为波及范围更广,而且体现为影响的深度日趋增强。网络的一体化使电网故障的影响范围扩大,大范围的电网安全事故会影响民生,甚至导致社会恐慌。

2.2 电网安全风险的构成

电网安全的特点决定了电网安全的风险性和风险多样性,也决定了电网安全风险构成的复杂性。本文从不同角度,全面分析了电网安全风险的构成:

(1)从电网安全风险的本源看,电网安全风险可以划分为人身安全风险和供电保障风险。前者是指人为触及电网而导致的接触者身心损伤;后者是指因设施故障、供电不足、供压不稳而导致的供电需求难以得到有效保障。

(2)从电网安全风险的致因看,电网安全风险可以划分为人为致因风险、自然致因风险、社会致因风险和经济损失致因风险。其中,人为致因风险是指因人为操作失误、电网设施遭窃或破坏等行为导致的电网安全风险;自然致因风险是指因天灾而导致电网供电功能失效的风险^[4];社会致因风险是指因人们生活习惯、民族习性等社会因素导致的电网供电功能失效的风险;经济致因风险是指因经济政策、经济活动等经济因素导致的电网供电功能失效的风险。

(3)从电网安全风险的后果看,电网安全风险可以划分为身心损害风险、经济遏制风险和社会动荡风险。其中,身心损害风险是指因人触及供电网络或听闻电网安全事故而导致人身身心受损的风险;经济遏制风险是指因电网安全事故导致电力供应保障不足而无法满满足电力需求的;社会动荡风险是指因电网安全事故导致社会、经济生活受影响而出现社会波动的风险。

3 电网安全风险管理体系

3.1 电网安全风险导向图

电网安全的风险致因多源性、风险相干频繁性、风险后果放大性等特征决定了电网安全风险的复杂性,这种复杂性体现为风险的因果相关性。基于电网安全风险的多元构成,本文构建了电网安全风险导向图(见图 1)。

在图 1 中,存在几条风险因果链,这些链串接形成电网安全风险之间的相互因果关系。

(1)盗窃行为以及其它作业行为,一方面可能触及自身安全,另一方面会破坏供电设施,导致供电系统、调度系统故障,危及电网的准时、准量供应。这些因素是引起供电安全风险的主要因素。

(2)在电网的安装、维护过程中,操作不当或操作过程

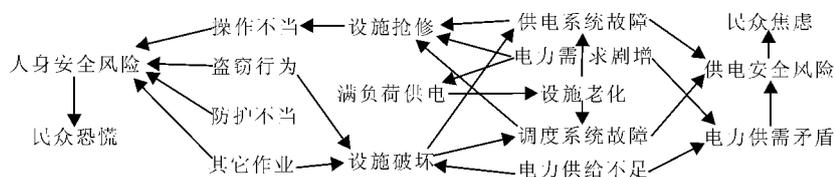


图 1 电网安全风险导向

中的防护不当都可能导致人身安全受到危害,出现人身安全风险,而防护不当还可能危及电网范围内企业作业者的生命财产安全。

(3)电力供需问题也是导致电网安全风险的重要因素,而且在工业化飞速发展时期,电力供需问题更加突出。供需不平衡,特别是电力需求的剧增,使供电、电控设施因长期满负荷作业而加速老化,以至一方面增加了供电安全风险发生的可能性,另一方面增加了电网维护的频次。在电网的紧急维修中,人身安全风险发生的可能性大大增加。

(4)电网安全风险涉及人身安全、供电安全等民生议题,直接影响人民大众的生活。因此,电网安全风险容易影响民众的心理,形成心理焦虑、恐慌等情绪,特别在人们生活对电力的依赖性越来越强的背景下,电网安全风险的社会影响更加复杂。

多条风险因果链附着于电网运行系统之中,以电网运行系统为载体,相互影响。在电网运行系统中,维护系统、供电系统和控制系统 3 个子系统支撑着电网运行系统,它们也是电网安全风险产生的根源、传递的媒介和控制的手段。因此,电网安全风险的治理应从维护系统、供电系统和控制系统入手,构建全面风险管理体系,这是实现电网安全风险管理的策略。

3.2 电网安全全面风险管理体系

基于电网安全风险的复杂性及其特征,治理电网安全风险需构建全面风险管理体系^[5]。电网安全全面风险管理体系应至少包含维护系统、供电系统、控制系统(见图 2)。

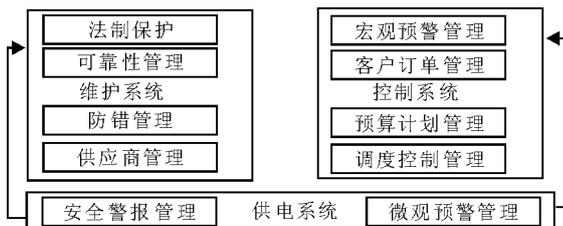


图 2 电网安全全面风险管理体系

在电网安全全面风险管理体系中,维护系统除了担负供电设施、电控设施的维修任务之外,还担负着这些设施的保护任务。因此,维护系统对电网运行系统的运转质量具有决定作用。为了保证供电和电控设施免遭破坏,需实施法制保护和防错管理等多种手段,以确保供电和电控设施得到有效维护,减少维护时间、维护成本对供电的影响^[6]。控制系统是电网安全风险管理体系的核心单元,其担负着维护系统调度和供电系统调度的任务,因此,控制系统对电网运行系统的运转效率具有决定作用。为了确保控制系统的有效性,应实现宏观预警管理、客户及订单管理、预算及计划管理和调度控制管理。其中,宏观预警管理是对社会、经济、人口的变化进行分析,实现对电力需求的预测^[7];预算管理是基于准确的电力需求预测,合理地安排电力供给增长计划;客户及订单管理是对客户需求进行分析,了解客户需求分布,指导计划管理,减少用电高峰的出现频次^[8-9];调度控制管理指基于客户需求、电力供应

能力进行合理科学的调度。供电系统是电网的功能实现单元,其担负着满足客户供电需求、增进客户满意的任务^[10-11]。其中,安全预警、供电检测是基本功能,这两者分别是维护系统、控制系统响应的触发因子。

因此,在电网安全全面风险管理体系中,维护系统、控制系统和供电系统是 3 个基本单元,3 者相互配合是实现电网安全全面风险管理的基础^[12]。

3.3 电网安全性评价指标体系

电网包括输电、变电、配电设备及相应的辅助系统组成的联系发电与用电系统,电网系统的复杂性决定了其安全性评价的复杂性,要科学开展电网安全性评价,首先必须从多方面综合考虑,建立科学的电网安全性评价指标体系。电网安全具有复杂性和多面性,只有多个指标同时描述,才能全面地反映电网安全的整体水平。而且,电网的运行复杂多变,只有对大量的观测数据进行分析,才能总结把握其内在运行规律。为确保安全性评价的科学性、可行性,指标体系的建立需遵循 5 个原则:①系统性,即全面系统地评价电网的安全水平;②科学性,即电网安全性评价的指标既不重复又无遗漏;③针对性,即电网安全性评价指标要针对电网的特点;④可操作性、可行性,即易于实现对电网安全水平的评价;⑤先进性,即将最新的理论研究应用于电网安全性评价,提高电网安全分析水平。电网安全评价指标体系包括:安全供电能力、静态电压安全性、拓扑结构脆弱性、暂态安全性、风险指标 5 个方面,每个方面又包含多项下属指标。这 5 个方面和 20 多个指标构成一个整体,可以全面有效地评价电网的安全水平,该体系结构如图 3 所示^[13]。

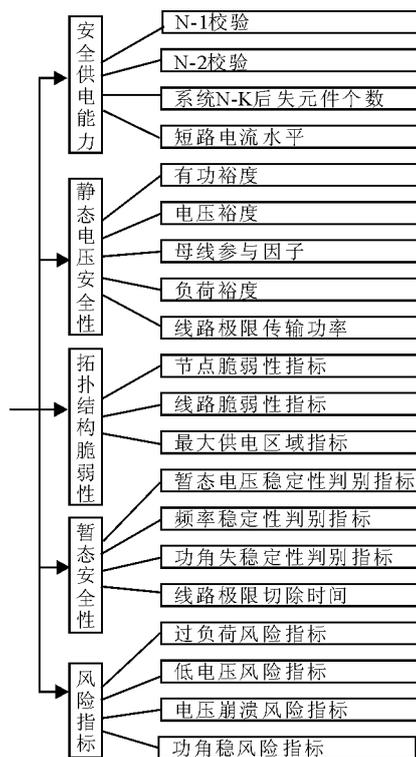


图 3 电网安全性评价指标体系

3.4 电网安全的科学管理

3.4.1 提高技术水平,加快技术进步

推广先进、适用的输变电技术,比如特高压输电技术。同超高压输电相比,特高压输电方式在输电成本、运行可靠性、功率损耗以及线路走廊宽度方面均优于超高压输电方式。推广应用同塔双回和多回紧凑型线路、大截面导线、大容量变压器,提高导向温升、串补、静补等先进适用的输电技术^[14],不断提高电网输电能力和经济运行水平,促进电网节能、节地、节材,实现电网建设与自然环境的协调发展,为建设资源节约型、环境友好型社会做贡献。

3.4.2 在电网安全管理过程中,加强技术监督

技术监督是提高发、供电设备可靠性和保证电网安全优质稳定运行的重要基础工作。随着我国电力发展步伐的不断加快,我国电网也得到了迅速发展,电网系统运行电压等级不断提高,网络规模也不断扩大。新材料、新工艺和新技术的应用都在客观上给技术监督工作提出了更高、更严格的要求。因此,应建立健全技术监督机构,确保技术监督工作的顺利开展;加强基础设施建设,提高技术监督管理水平;加强重点设备技术监督,确保电网的安全稳定运行^[15];既抓基础管理工作,也通过经常性监督,发现技术监督工作中的重点、难点问题并进行重点跟踪解决。

3.4.3 完善安全稳定控制系统

电网安全稳定控制系统是防止发生大面积停电和电网崩溃的主要技术手段。为满足我国电网目前和未来规划的大区交直流互联电网安全稳定运行的需要,应将现有稳定控制技术向在线决策、智能化等方向发展,从而保证电网稳定控制技术适应我国电力工业的迅速发展,适应电网安全稳定运行的要求。电网安全稳定控制系统以电网 EMS 系统采集的数据和信息为基础,结合稳定控制系统采集的数据等多数据源,开发研究新的状态估计技术和软件,以满足电力系统在线稳定分析评估和决策系统的需要,满足电力系统调度运行的需要。电网安全稳定控制系统开发适用于大规模电网、考虑交直流并列运行的在线安全稳定控制决策系统,将预防性控制和在线稳定控制决策结合起来,既为调度运行人员进行预防性控制提供策略和提示,又在线刷新现场稳定控制装置的控制策略表。

4 结语

世界各国相继发生的电网安全事故表明电网安全风险不容忽视,必须对其进行深入而具体地研究。我国电力体制的改革,一方面为电力市场引入了竞争机制,提

高了电力企业运行的效率,促进了发展,但是另一方面,“厂网分开”可能使得电网企业和发电企业之间相互推卸安全责任,给电网安全带来更大的风险。因此,应全面落实安全生产责任制,适应改革形势,建立满足电网安全稳定运行的网厂协调的安全管理机制,全面推动安全性评价工作,实施自下而上与自上而下相结合的基于风险识别、风险分析、风险评估、风险控制的闭环过程管理,建立电网安全风险管理体系,保持电网安全稳定运行,确保我国能源安全战略的顺利实施。

参考文献:

- [1] VAUGHN, E. J. Risk management[M]. New York: John Wiley and Sons, 1999.
- [2] 王海. 我国电网网架结构日趋完善[N]. 中国能源报, 2010-08-09.
- [3] 陈刚. 企业生产现场风险预警管理研究[D]. 武汉: 武汉理工大学硕士学位论文, 2007.
- [4] 胡慧萍. 从冰雪灾害造成南方电网大停电看无锡电网安全[A]. 第三届电力安全论坛, 2008(2): 57-59.
- [5] 赵姗姗, 鲁顺清, 徐小贤. 电网安全风险[J]. 工业安全与环保, 2009, 35(3): 57-60.
- [6] 潘轩, 张建华. 基于风险理论的电力系统安全评估方法应用[J]. 中国电力教育, 2008(5).
- [7] 赖业宁, 薛禹胜, 王海风. 电力市场稳定性及其风险管理[J]. 电力系统自动化, 2003, 27(12): 18-23.
- [8] 刘磊, 吴文宣, 黄道姝, 等. 城市电网安全预警与保障决策支持系统[J]. 华东电力, 2008, 36(6): 65-67.
- [9] 陈彦锋. 创新电网安全经济运行的对策[J]. 中国高新技术企业, 2007(15).
- [10] 赵莲清. 电网安全预警系统研究[J]. 安全, 2004(4).
- [11] 王月, 王涛. 电网安全预警与应急体系建设[J]. 电力安全技术, 2007, 9(12).
- [12] ZENG, Y & YU, Y. X.. A practical direct method for determining dynamic security regions of electric power systems [J]. Proceedings of the CSEE, 2003, 23(5): 24-28.
- [13] 张国华, 张建华, 彭谦, 等. 电网安全评价的指标体系与方法[J]. 电网技术, 2008, 33(8): 30-34.
- [14] 以科技创新保障电网安全稳定运行——记南瑞继保“大区互联电网安全稳定控制系统”的开发[J]. 电力设备, 2008(4).
- [15] 张建玲. 技术监督是确保电网安全稳定运行的重要保证[J]. 湖南电力, 2001, 21(增刊).

(责任编辑:万贤贤)