

# 电网可靠性分析及其技术措施

李咏鹿<sup>1</sup>, 国海<sup>2</sup>

(1. 黑龙江省机械科学研究院, 黑龙江 哈尔滨 150001; 2. 安徽科技学院工学院, 安徽 凤阳 233100)

**摘要:**根据影响较大的几次大停电事故对电网可靠性进行了剖析, 对其进行分类归纳, 并针对各种安全因素提出了相关的技术措施, 为综合提高电网可靠性提供参考。

**关键词:**可靠性; 电网; 灾害; 安全

**Abstract:** This article analysis summarizes and classifies the reliability of grid based on few of Large Scale Blackout and proposed the relevant technical measures about the safe factor and provides a reference of improve the reliability of the grid

**Key word:** reliability; grid; disaster; safety

**中图分类号:** TM712 **文献标识码:** B **文章编号:** 1003-6954(2008)04-0015-02

随着社会经济的发展, 科学技术的进步及人民生活水平的不断提高, 人们对电力的需求和依赖性越来越大, 对安全稳定供电的要求越来越强。然而, 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, 这不但使电力经营企业的经济效益受到损失, 而且对电力用户和整个社会都将造成严重的影响。

今年年初, 华中电网遭受电力系统有史以来罕见冰雪灾害, 灾害导致网内 500 kV 线路多次跳闸, 湖南、湖北、重庆等省市高压输电线路多处倒塔, 电网结构遭到灾难性破坏, 电网安全受到威胁, 受灾损失严重。这使得人们不得不对电网安全重新进行认识、研究和提出相应的对策。

## 1 影响电力安全的因素

### 1.1 内部因素

美国 8·14 大停电的事故原因中, 电网结构方面、电网设备方面的因素占主要地位; 2003 年夏天的伦敦大停电事故中, 故障出现的原因是在 2001 年更换老设备时安装了一个不正确的保护继电器。

内部因素主要可归纳为: ①电力系统主要元件故障: 发电机、变压器、电线故障; ②控制和保护系统故障: 保护继电器的隐性故障、断路器误动作、控制故障或误操作等; ③计算机软、硬件系统故障; ④信息、通

信系统故障; 与 EMS 系统失去通信、不能进行自动控制和保护、信息系统故障或拥塞、外部侵入信息通信系统; ⑤电力市场竞争环境的因素: 电力市场中各参与者间的竞争与不协调、在更换旧的控制和保护系统或发电装置上缺少主动性; ⑥电力系统不稳定: 静态、暂态、电压、振荡、频率不稳定等。

### 1.2 人为因素

1965 年美加东北部电网 11·9 大停电事故中, 事故起因是线路保护定值整定有误。不少大事故都与继电保护有关, 而这些保护的选型、整定和检查都与设计人员和运行人员的知识水平、敬业精神息息相关。常见的人为因素可概括为操作人员误操作, 控制和保护系统设置错误、蓄意破坏(包括战争或恐怖活动)等。

### 1.3 自然灾害

影响供电运行的自然灾害主要包括雨淞和雾淞、冻雨造成电线积冰, 或大雪积压在电线上, 厚度过大时会压断电线; 大于 7~8 级的风会吹倒电杆, 龙卷风和风暴会刮倒线路杆塔; 雷击危害高压线路和变压器, 击破磁瓶, 造成跳闸, 一有大风, 有可能产生震动、跳跃和碰线引起速断保护跳闸; 雾、毛毛雨、空气污染等造成“污闪”现象, 导致绝缘子绝缘水平降低, 出现短路事故; 暴雨造成铁塔、电杆倾倒或浸泡电器, 引起停电事故; 直径大于等于 10 毫米的冰雹能砸坏电器电线。

## 2 相应的技术措施

在现代化社会中, 由于社会活动和人民生活与电

基金项目: 安徽省教育厅自然科学基金课题《县级配电网自动化技术方案的研究》, 批准号: KJ2007B312ZC

力供应密切相关, 电力工业与灾害防御系统、通信系统、军事命令和控制系统、公共卫生系统等一样, 应列入有严重后果的国家基础设施, 这些系统的安全和可靠的运行是国家经济、安全和生活质量的根本。所以作为国家的主要(或关键)基础设施之一, 要研究自然灾害和人为破坏(包括战争)对电力系统安全运行的影响, 科学地区分各种预警和紧急状态, 建立相应的反应灵敏、高效统一的应对策略和应急措施。

## 2.1 精心规划电网设计, 做好技术创新工作

### 2.1.1 做好电网规划工作

规划设计部门在研究电网扩展方案时, 基本上按照“N-1”故障或者是第 1 道防线作为基本标准, 计算网络输电能力和稳定水平, 对电网结构建立第 2 道防线、第 3 道防线考虑得不够。因此在网架规划设计中要进行典型的“N-2”故障校验, 验证推荐方案的合理性, 对建立电网建立第 2、3 道防线, 要构建输电网络、配电网络和微电网三级电网结构。一是主干电网规划与地区电网规划要协调好, 匹配好。主干电网与地区电网都要坚强, 一旦主干电网受损失效, 地区电网要能够独立运行, 这样可以避免大面积停电。二是集中式大电源与分布式电源之间关系要协调好。集中大电源具有节能、环保、高效的优势, 但是一旦因故失效, 分布式电源要能满足所在地区最基本的经济活动和人民生活的需要。

### 2.1.2 技术层面提高其可靠性

坚持做好电力系统的计算分析和仿真试验工作。通过事故预想分析, 找出系统中存在的薄弱环节, 对可能发生的事故作好预案, 这对于防止大面积停电事故的发生是十分重要的。

通过技术创新和管理创新相结合, 建立安全防御管理系统, 将危机消灭于萌芽状态。具体需要做好以下几方面工作: 在电网运行和管理上重视小事故, 防止事故的进一步扩大, 建立大电网广域保护和控制系统, 研究电力系统脆弱性, 加强动态和静态安全的量化分析, 使电网在正常运行时更安全, 安装在线故障诊断和恢复控制系统, 防止事故扩大, 事故后进行事故仿真、分析, 并寻找对策建立事故数据库。

既要加强一次电网的建设, 使电网结构符合电力系统稳定导则与技术导则的要求, 又要加强二次系统的配套建设, 按三道防线的要求配置继电保护与安全自动装置。按新稳定导则的要求, 加强电网运行方式和稳定状况的分析, 及时发现电网存在的问题, 提出解

决方案和有效措施, 做好应对重大事故的预案。

对重要联络线的跳闸, 必须制定有效的控制对策。当联络线送电功率占该电网总负荷的比例达 20% 以上时, 应该立即采取联络线跳闸联切措施, 即在联络线跳闸的同时, 在受端网切除相应数量的负荷或在送端电网联切相应容量的机组, 使系统内的功率迅速重新平衡。

切实重视系统内由于设备跳闸、潮流突然转移而引起的线路、变压器过载问题。消除设备严重过载的最有效措施是用过载控制装置, 根据过载情况自动切除相应数量的电源或负荷。在电网遇到多重性故障, 如断路器拒动、保护误动或拒动、多回线相继跳闸而引起的断面断开等严重事故, 应依靠第三道防线的措施:

① 配置失步解列装置; ② 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; ③ 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。

### 2.2 强化管理, 完善各项制度预案, 提高运行人员素质

建立科学、高效的国家应急机制的目的并非防止任何特大自然灾害的发生, 而是要对这些特大灾害事先做好准备, 一旦灾害发生, 将其破坏程度降到最低水平。为应对各种突发公共事件, 美国、加拿大和意大利等国都建立了比较完备的应急机制, 这些国家的应急管理模式在国际社会都处于领先地位, 许多方面值得学习和借鉴。

通过建立必须遵从并强制执行的各種可靠性标准, 建立在线路路径内维护电气间距的强制标准, 加强对运行人员的培训工作, 提高对调度员、可靠性协调员及其调度支持人员的资格要求, 明确规定和定义正常、预警和紧急运行状况的系统条件, 为调度员和可靠性协调员的评估工作提供优良的各种实时手段等。

### 2.3 针对自然条件, 提高设计水平和标准

近年来, 由于全球气候的变化, 现有的输电线路标准气象分区图已经不能准确描述目前许多地区的气象条件的现状, 尤其是大风、覆冰气象条件和雷暴气象灾害等情况的变化。有必要重新修订和细化原有的气象标准分区。要准确统计气象资料, 适当调整电网设计标准。积累气象资料, 尤其是小环境、小气象的资料。针对电网设备需跨越经过的一些特殊地区适当提高其设计标准。

应积极开展输电线路覆冰在线监测与诊断方法

(下转第 78 页)

企业在远方以实时方式监视、协调和操作配电设备的自动化系统。它是利用现代电子、计算机、通讯和网络技术,将配电网的在线数据和离线数据、配电网数据和用户数据、电网结构和地理图形进行信息集成,构成完整的自动化系统,实现配电网及其设备正常运行及事故状态下的监测、保护、控制和配电管理的现代化。

配电网生产运行管理系统在电力系统的应用中,已经证明是一种行之有效的提高配电网安全经济运行水平的有效措施,对于保证电网安全、经济运行

有很重要的作用。

### 参考文献

- [1] 金竹声,周庆捷.供电企业输变电运行和生产管理的信息管理系统 [J].电网技术,2000,24(5):68-70.
- [2] 杨世忠,吴信才,刘德刚.配电网管理系统的设计与研究 [J].中国地质大学学报,1998,23(4):400-403.
- [3] 刘健.配电网自动化系统 [M].北京:中国水利电力出版社出版,1998.

(收稿日期:2008-06-15)

(上接第 15 页)

的研究;进行输电线路铁塔极限承载能力分析及覆冰线路灾害局部化设计策略的研究;电网覆冰在线评估、预警与决策方法的研究;研究电网覆冰故障在线诊断的理论;电网在覆冰状态下在线运行可靠性评估的理论及安全预测方法;电网覆冰故障预警方法和故障决策方法的研究;全面科学地把握好输电线路设计标准的提高问题。具体技术层面可以着重考虑以下几方面:

第一,在线路规划方面,应考虑尽可能降低线路的平均海拔,避开重冰区;根据电网的负荷分布和环境因素,规划建设加强型线路,这样在其他线路灾害失效时能够保证电网的基本运行。

第二,在线路设计方面,修改设计标准,采取差异化设计;杆塔设计中加大纵向不平衡张力取值;增加铁塔抗串倒的能力;增强地线抗冰荷载能力;提高大档距、大高差区段的抗冰设计标准。

第三,在线路建设方面,严格按照设计要求和施工标准进行,保障线路在重覆冰情况下不因施工缺陷而首先发生失效破坏并引起连锁反应。

第四,在系统调度和生产运行方面,要加强与气象部门的合作及灾害预警,形成电力行业自己的灾害气象数据解读能力。

第五,在科研方面要多措并举,在防冰、除冰、融冰、抗冰等多方面,开展基础性研究,特别是要开展人工干预气象技术的研究与应用和人工干预输电线路破坏顺序技术和输电线路快速修复技术方面的研究。

第六,在试验能力方面要在恶劣气候环境模拟、力学仿真计算、结构部件的真型实验能力等方面创造必要的试验研究条件等。

此外,北美 2003 年 8 月 14 日大停电,莫斯科

2005 年 5 月 25 日大停电,都发生在持续高温期间。因此准确的长期天气预报对电网调度、运行部门采取科学的措施应对类似的灾害性天气,至关重要。

各地供电企业都应加强与气象部门的合作。无论是陕西省供电企业与陕西省气象局建立了电力专线实现信息资料共享,还是河北省电力公司与当地气象部门建立的会商机制,都为电力部门与气象部门的协作配合提供了一种借鉴。

### 3 结束语

在电力安全日益重要的今天,从管理上、规划上、技术上加强电网的可靠性已刻不容缓。如何将先进的管理与科学的规划和技术的研发有机结合,将是一个全新而又迫切的课题。

### 参考文献

- [1] 刘鹏,吴刚.世界范围内两起典型电压崩溃事故分析 [J].电网技术,2003(5).
- [2] 周全.应该从抗击“雪灾”中反省什么 [J].当代社科视野,2008(3).
- [3] 唐葆生.伦敦南部地区大停电及其教训 [J].电网技术,2003(11).
- [4] 曾国华,曾志辉,曾志敏.冰灾之后电力的思考 [J].中国能源,2008(3).
- [5] 顾林.提高配电网供电可靠性的措施 [J].科技资讯,2008(4).

### 作者简介:

李咏鹿(1975.11),男,黑龙江人,工程师,研究方向为电气工程及其自动化。

国海(1974.1-),男,黑龙江人,讲师,研究方向为电气工程及其自动化。

(收稿日期:2008-06-15)