

深圳市坚强局部电网建设思路与方案研究

王若愚¹, 刘军伟², 李小飞¹, 许峰², 陈雷²

(1. 深圳供电局有限公司, 深圳 518001;

2. 中国能源建设集团广东省电力设计研究院有限公司, 广州 510670)

摘要: [目的] 深圳作为国家粤港澳大湾区战略枢纽城市, 以及中国特色社会主义先行示范区, 为保障人民的生产生活用电可靠性, 亟需研究提高电网抵御台风、雷电、洪涝等自然灾害的手段。[方法] 基于电力系统防灾抗灾、减灾救灾的成功经验, 提出坚强局部电网防灾减灾救灾的基本理念、基本原则和建设目标, 并从规划、建设、运行、维护和新技术应用等层面提出建设坚强局部电网的关键举措。[结果] 纵向梳理, 横向整合, 以重要用户为抓手, 构建覆盖城市主要核心区域的坚强电网, 进一步整合快速复电联络通道、抗灾保障电源主要送出通道, 形成坚强局部电网。[结论] 研究成果对深圳适应粤港澳大湾区城市和电网发展规划, 以及国家其他重要城市和自然灾害多发地区电网建设具有十分重要意义。

关键词: 坚强局部电网; 防灾; 减灾救灾

中图分类号: TM7; TM727

文献标志码: A

文章编号: 2095-8676(2020)S1-0008-05

开放科学(资源服务)二维码:



Research on the Idea and Scheme of the Strong Local Power Grid in Shenzhen

WANG Ruoyu¹, LIU Junwei², LI Xiaofei¹, XU Feng², CHEN Lei²

(1. Shenzhen Power Supply Co., Ltd., Shenzhen 518001, China;

2. China Energy Engineering Group Guangdong Electric Power Design Institute Co., Ltd., Guangzhou 510663, China)

Abstract: [Introduction] Shenzhen is a national strategic hub city of the Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area and a pioneering demonstration zone of socialism with Chinese characteristics. In order to ensure the reliability of electricity production and life of the citizens, Shenzhen urgently needs to study measures to improve the grid's resistance to natural disasters such as typhoons, lightning and floods. [Method] Based on the successful experience of power system disaster prevention and mitigation, disaster reduction and relief as the research basis, the basic concepts, basic principles, and construction goals for strengthening local power grid disaster prevention, reduction, and relief were proposed. In addition, this article proposed key measures for building a strong local power grid from the aspects of planning, construction, operation, maintenance, and application of new technologies. [Result] Focusing on important users and building a strong power grid covering the main core areas of the city, this article further integrates the connection corridors for fast power recovery, and the main power transmission channels for disaster protection to form a strong local power grid. [Conclusion] The research results are conducive to Shenzhen's adaptation to the urban and grid development planning of the Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area. And it is of great significance to the construction of power grids in other important cities and natural disaster-prone areas in China.

Key words: strong local power grid; disaster prevention; mitigation and relief

0 引言

在过去四十多年中, 国际紧急灾难数据库记录的全球自然灾害频率增加了近三倍。我国自然灾害多发, 不同地区的地理环境和社会环境差异较大, 电力系统面临的自然灾害也有所不同, 较为突出的

收稿日期: 2019-12-18 修回日期: 2020-04-15

基金项目: 中国能建广东院科技项目“广东省智能电网装备产业技术创新联盟建设示范”(ER04581W); 中国能建广东院科技项目“广东电网“十三五”第三道防线控制策略研究”(EX03871W)

灾害有台风、覆冰、雷电、地震等^[1-3], 对人民的正常生产生活用电产生重大影响。2017年台风“天鸽”造成澳门全城停电, 2008年南方冰灾造成全国170个县停电, 十一五期间国网雷击而引起的跳闸次数占全年跳闸次数约40%, 2008年汶川地震, 四川、甘肃等地累计停运35 kV以上变电站245座、10 kV以上输电线路3322条。

党的十九大报告指出, 永远把人民对美好生活的向往作为奋斗目标。习近平总书记提出要努力实现从注重灾后救助向注重灾前预防转变, 从应对单一灾种向综合减灾转变, 从减少灾害损失向减轻灾害风险转变, 全面提升全社会抵御自然灾害的综合防范能力。国家有关部委陆续出台了《国家大面积停电事件应急预案》、《电力行业应急能力建设行动计划(2018—2020年)》等文件, 要求全面加强电力行业应急能力建设。

从自然灾害发生的频度和破坏性来看, 台风在深圳发生相对频繁, 且往往造成线路和变电设备大范围停运, 破坏影响力大。2000年以后, 正面袭击深圳12级以上台风共5个, 分别为2003年9月2日“杜鹃”台风(13级)、2008年8月21日“鹦鹉”台风(12级)、2009年7月19日“莫拉菲”台风(13级)、2016年8月2日“妮姐”台风(14级)及2018年9月16日“山竹”台风(16级), 其中以“山竹”台风影响最为严重, 共造成深圳地区超过18万户用户停电, 影响用户占比为5.8%, 影响用户数约为2016年台风“妮姐”的2.3倍, 为2017年台风“天鸽”的5.2倍。

深圳作为国家改革开放的最前沿阵地, 全国经济中心城市之一, 国家粤港澳大湾区战略枢纽城市, 以及中国特色社会主义先行示范区, 建设深圳坚强局部电网, 提高电网应对台风等自然灾害的抗灾减灾救灾能力, 对深圳适应粤港澳大湾区城市和电网发展规划, 以及国家其他重要城市和自然灾害多发地区电网建设具有十分重要意义。

1 基本理念

坚强电网是对南网电网保底电网的继承和发展, 即针对台风、地震、覆冰、雷电等严重自然灾害, 以保障局部地区基本运转、尽量降低社会影响为出发点, 以城市指挥(应急)机构、核心基础设施等重要用户为保障对象, 优化完善电源布局 and

网结构, 选取重要变电站、重要线路和抗灾保障电源进行差异化建设、改造和维护, 综合应用抗灾先进技术, 保障重要城市核心区域和灾害多发地区关键用户在极端自然灾害下不停电、少停电和快速复电的最小规模网架。严重自然灾害情况下局部电网可孤网运行。

坚强电网力主构建电力“防灾-减灾-救灾”保障体系(如图1所示), 即“大电网物理基础安全稳定、坚强骨干电网联络支撑、局部抗灾保障电源分区平衡、用户自备应急电源兜底+应急移动电源补充”的四级网络防灾, “保护开关的正确动作、安自装置的控制有序、失步解列主动孤岛”三道防线减灾, 以及“本地电源黑启动、联络通道黑启动”两大恢复策略救灾, 保障电力用户不同灾害尺度下、不同灾害承受能力下不停电、少停电、快速复电。

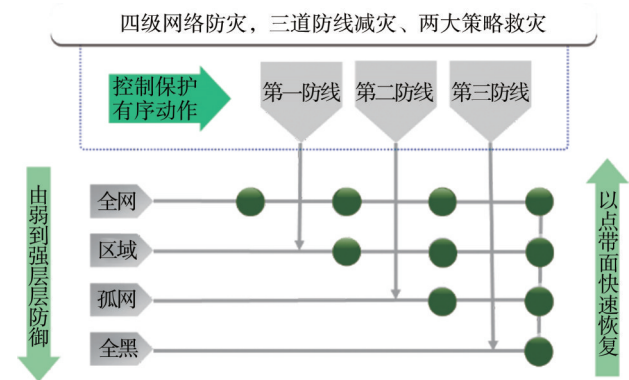


图1 坚强局部电网“防灾-减灾-救灾”保障体系

Fig. 1 Disaster prevention, mitigation and relief system

1.1 四级网络防灾

反客为主构筑四级网络(如图2所示), 多层防灾有备无患:

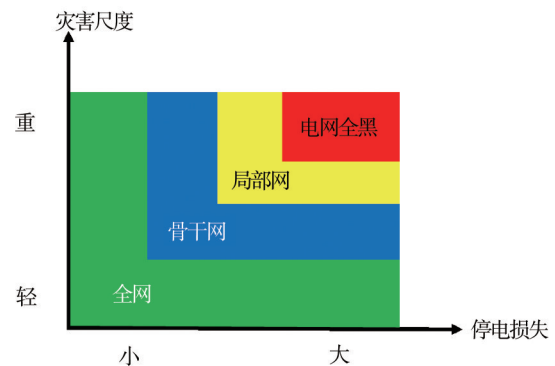


图2 四级防灾网络

Fig. 2 Four-level disaster prevention network

第Ⅰ级大电网物理基础安全稳定。当发生小尺度自然灾害时，依靠电力系统安全稳定裕度，可保障全部用户负荷，在运机组出力与负荷动态匹配。

第Ⅱ级坚强骨干电网联络支撑。当发生较大尺度自然灾害时，区域骨干电网保持正常运行，通过联络线相互支援，可至少保障重要用户全部负荷持续用电。

第Ⅲ级局部抗灾保障电源分区平衡。当发生严重尺度自然灾害时，电网解列成若干个局部电网，各分区抗灾保障电源至少保障重要用户保安负荷持续用电。

第Ⅳ级全黑用户自备应急电源兜底。当发生极端尺度自然灾害电网全黑时，仅剩黑启动电源及用户自备应急电源。重要用户自备应急电源可保障保安负荷临时用电，黑启动电源需具备快速复电条件。

1.2 三道防线减灾

稳扎稳打完善三道防线，有序减灾，防止小灾酿大祸：

第一道防线，保护开关的快速动作。电网处于正常状态时，按照预先的安排和运行经验严密监视和调整电网运行状态，由继电保护装置快速切除故障元件，保证电力系统暂态稳定。

第二道防线，安自装置的控制有序。要求当电网状态由正常过渡到骨干电网时，采取紧急控制措施，防止系统稳定破坏和参数严重超限导致电网由正常状态直接过渡到局部孤网或全黑状态，损失过多负荷。常用的紧急控制措施有切机、切负荷等。

第三道防线，失步解列主动孤岛。要求当电网状态由局部电网过渡到孤网时，采取防止事故扩大避免系统崩溃的紧急控制措施，防止局部电网直接过渡到全黑状态。常用的紧急控制措施有系统失步解列、频率和电压紧急控制等。

1.3 两大策略救灾

精益求精优化两大恢复策略，及时救灾快速复电：

统筹本地黑启动电源和联网通道两大启动源，设置合理的复电路径，带动无自启动能力的机组，逐步扩大系统的恢复范围，最终实现整个系统的恢复和正常供电。

电网应急移动电源可作为上述各级防灾网络的

有效补充手段。

2 基本原则

底线思维、目标引领。强化安全底线思维，坚持问题导向和目标导向，科学确定坚强电网规划建设范围和目标，提升电网防灾抗灾灵活、坚强、协同水平，保障严重自然灾害情况下电网的基本运转。

因地制宜、分类施策。针对不同地区电网的特点和各类严重自然灾害特征，结合地区建设发展客观需求、重要负荷供电保障要求，多措并举，优化电网防灾保障策略。

突出重点、差异建设。坚持抓重点、补短板，“纵向梳理、横向协同”构建坚强局部电网，合理控制建设规模，差异化开展电力设施建设，提高局部电网抵御灾害及快速复电能力，最大限度减少损失。

纵深防御、安全可靠。优化抗灾保障电源布局、严格执行用户应急自备电源配置、合理规划建设应急移动电源，形成“大电网物理基础安全稳定、坚强骨干电网联络支撑、局部抗灾保障电源分区平衡、用户自备应急电源兜底+应急移动电源补充”的综合防灾保障体系，提升局部电网供电的安全性。

统筹规划、协同推进。加强规划衔接，以常规电力发展规划研究成果为基础，按照坚强局部电网建设要求，对原规划方案、项目安排进行深化完善，并同步做好与其他相关规划间的衔接，确保项目顺利推进。

3 建设目标

坚强局部电网的建设目标为，基于电力系统防灾抗灾、减灾救灾的成功经验，围绕关键负荷和抗灾保障电源，确定清晰的核心供电路径和联络保障通道，“以点带面”构建坚强局部电网，并实施差异化建设和运维，提升供电安全保障水平和快速复电能力，力争重要城市核心区域和灾害多发地区重要电力用户在极端自然灾害下不停电、少停电和快速复电。

4 关键举措

4.1 规划引领

优化电网规划制度和标准。完善提升电网抗灾

能力的制度体系,优化自然灾害多发地区电网规划建设标准,从制度和标准层面提高电网抵御极端自然灾害能力。

优化抗灾保障电源布局。结合电网规划建设,积极推动各级政府优化具有孤岛或黑启动运行能力的抗灾保障电源规划建设,推动“源、网、荷”协同发展。原则上规划各地级市抗灾保障电源规模能在严重自然灾害情况下为城市核心区域、重要负荷提供稳定可靠的电力供应。深圳规划将抽水蓄能机组、部分燃气机组纳入抗灾保障电源,力争各500 kV供电片区均有抗灾保障电源。

优化主网骨干网架结构。紧密围绕城市电网防灾减灾的实际特点和需求,针对性地制定网架结构优化、电网建设改造、抗灾保障电源配置等措施,因地制宜、多措并举,重点优化完善城市中心城区电网基础网架,提高重要城市电网抗灾能力,确保重要城市中心区域、重要用户的供电安全和快速复电。深圳方面,中心城区坚强电网规划具备来自2个不同走廊的主网供电电源,以尽可能降低严重自然灾害影响,单个500 kV变电站供电的中心城区,其坚强电网还应通过1个联络通道与相邻500 kV供电区联络。

配置自备应急电源。对照重要用户清单,按照国家《重要电力用户供电电源及自备应急电源配置技术规范》(GB/T 29328—2018),配置供电电源和自备应急电源,提高重要用户电力应急能力。电网企业应加强与重要用户沟通联系,及时告知供电风险并协助整改。

协同推进一二次系统建设。加强重要通信网建设,满足保护、自动化、稳控、调度电话等生产实时控制业务基本通信需求。加快实现重要地区220千伏及以上关键线路保护双通道的全覆盖。加强稳控系统策略管理和继电保护定值管理,提高严重自然灾害情况下二次系统保障水平。

4.2 差异化建设

优化完善电网抗灾建设标准。结合实际合理优化输电、配电线路及有关设备抗灾等级相关标准和规范,设备选型要充分考虑抗灾能力,科学提升电力设施抗灾标准。

提高抗灾保障电源的可靠性。推动抗灾保障电源开展必要的技术改造,确保厂内设备满足防灾抗

灾要求、机组具备孤网运行和黑启动运行能力,并提高电厂一次能源的保障能力。

加强强风区“电缆线路+户内站点”通道建设。结合城市规划发展、综合管廊建设等要求,制定强风区坚强电网电缆化、户内化建设(改造)路线图,加快推进关键线路的电缆化改造、关键变电站的户内化改造。深圳规划纳入坚强局部电网的新建220 kV、110 kV变电站均为全户内布置,中心城区新建线路基本全部为电缆。

加强中重冰区关键线路融冰装置配备。进一步审视中重冰区融冰装置配备,确保穿越中重冰区的关键电网线路具备融冰手段,确保中重冰区500 kV坚强电网线路具备直接融冰手段,确保线路融冰不影响坚强电网的正常运行。

持续开展存量电网防灾强基的改造。结合实际情况,及时开展灾害对输变配电设施影响的评估,按照轻重缓急,逐步推进可能受灾害影响设备的综合强化工作。组织对低洼变电站、护坡、电缆沟、室外变电站、架空线路杆塔基础等设施的防灾检查,开展差异化技术改造,提高户外设施防灾能力。

提高用户配电设施抗灾能力。提高中心城区重要用户供电线路电缆化率,制定完善用户配电设施建设和验收标准,避免在台风多发区域新建地下或半地下配电设施,督促用户对有水浸风险的已建配电设施采取整改措施,确保不发生水浸停运。

4.3 调度运行

保证电力系统运行在安全水平的运行方式。发电企业按照电力调度要求调整机组运行方式,电网企业按照防灾预案要求优化电网运行方式,电力用户要服从电网企业的统一调度和指挥^[4],要做好启动自备应急保安电源的准备。

加强抗灾保障电源运行管理,完善电网黑启动方案。对具备FCB和孤岛运行功能的发电厂^[5-6],研究建立鼓励机制。重要负荷中心电网要加强应对大面积停电的应急保安电源运行管理,具备特殊情况下“孤网运行”和“黑启动”能力。

优化提升调度辅助决策支撑技术。进一步提升电力系统调度运行在线安全分析技术和运行支撑技术,完善电网运行在线评估和辅助决策支持技术,为运行方式的优化提供决策支持,保证电力系统运

行在安全稳定范围内。

4.4 设备运维

加强电厂燃料储运,保障设备运行可靠。电厂应保障主设备、重要辅助设备和机组备用电源的正常运行,保障燃料满足稳定发电要求,具备黑启动、FCB能力的发电机组要确保功能可靠。

加强电网企业设备运维水平^[7]。加强设备管理,严把设备入网关,强化设备隐患排查治理,精准处置设备停运和电网停电事件,迅速采取措施限制事故的发展,快速恢复设备运行,确保电网、设备安全稳定运行。

提高用户应急自救意识和操作能力。由政府部门统筹安排,通过行业协会等强化用户安全用电意识、能力,对重要用户开展安全用电培训。用户要定期组织用电安全和应急电源配置自查,确保应急发电机组可靠有效。

4.5 新技术应用

加强应急移动电源建设。统筹考虑抗灾保障电源和重要用户自备应急电源建设进展,按照重要用户在严重自然灾害情况下不停电、少停电、快速复电的需求,合理配置UPS电源车、发电车或车载式发电机等应急移动电源。

积极推进储能示范应用。推进“储能+”发电、电网、用户业务应用,提高发电机组运行稳定性和故障快速恢复能力,实现发电机组黑启动,提高电网故障恢复速度,提升电网防灾抗灾能力,为用户提供应急电源,保证重要用户稳定不间断供电。

加快推广微电网应用。完善微电网的技术规范、运营管理、建设许可等方面的标准,加快推广微电网在沿海岛屿、偏远地区、城市社区等领域的应用。

推动电力管线有序入廊。积极配合城市综合管廊规划建设,规划建设的电网输电线路与综合管廊协同规划、同步调整、同步实施,现有运行的输电线路结合设备资产生命周期分类实施、有序入廊。

加快部署5G技术应用。推进发电、电网、用户侧5G业务应用,提升发电功率预测与状态感知、输电线路状态监测和无人机巡检、变电站智能巡检、故障监测定位、精准负荷控制等能力。在应急通信方面,满足灾后的爆发式需求,全面提高防灾减灾救灾能力。

5 结论

深圳作为国家改革开放的最前沿阵地,全国经济中心城市之一,国家粤港澳大湾区战略枢纽城市,以及中国特色社会主义先行示范区,研究提出的深圳坚强局部电网建设思路、原则和方法,为全国其他重要城市和自然灾害多发地区电网提供参考,有利于推动电网防灾抗灾向“主动防御”转变,最大程度减少电力突发事件造成的损失和影响,实现电力高质量发展,支撑我国高效科学的综合防灾体系建设,为人民小康生活提供有力保障。

参考文献:

- [1] 吴昕婷. 基于电力系统的自然灾害应急管理研究[J]. 武汉理工大学学报, 2008, 21(2): 188-191.
WU X T. Research on natural disaster emergency administration of electric power system [J]. Wuhan University of Technology, 2008, 21(2): 188-191.
- [2] 谢强, 李杰. 电力系统自然灾害的现状与对策[J]. 自然灾害学报, 2006, 15(4): 126-131.
- [3] 郭进修, 李泽椿. 我国气象灾害的分类与防灾减灾对策[J]. 灾害学, 2005, 20(4): 106-110.
- [4] 丛宝丰, 李光泰. 基于负荷层级设计的电力调控中心供电可靠性研究[J]. 南方能源建设, 2015, 2(3): 57-61.
- [5] 吴家凯, 黄涛. FCB功能火电机组辅机选型技术研究[J]. 南方能源建设, 2018, 5(1): 59-62.
- [6] 冯伟忠. 大机组实现FCB的现实性及技术分析[J]. 上海电力, 2007(3): 246-251.
- [7] 任双赞, 李力, 蒲路, 等. 气象灾害信息在输电线路运行维护中的应用分析[J]. 南方能源建设, 2017, 4(3): 141-145.

作者简介:



王若愚

王若愚

1986-, 男, 河南郑州人, 工程师, 硕士, 主要从事电力系统规划研究工作 (e-mail) 306190020@qq.com。

刘军伟 (通信作者)

1987-, 男, 湖北枣阳人, 工程师, 硕士, 主要从事电力系统规划研究工作 (e-mail) liujunwei@gedi.com.cn。

(责任编辑 李辉)