

电网规划与电力设计对电网安全影响探究

陈芳庆

国网怀化供电公司

摘要:本研究旨在探讨电网规划与电力设计对电网安全运行的影响。研究方法包括文献研究法、比较分析法等。研究结果显示,非科学合理的电网规划会导致电网结构复杂化,电力设计存在的问题也会降低电网的安全性。电网规划和电力设计的不当直接影响电网的安全稳定运行。研究结论指出,要提高电网安全性,必须从电网规划和电力设计方面入手,制定科学合理的电网结构,并采用先进的设计理念。

关键词: 电网规划; 电力设计; 电网安全; 影响; 对策

【DOI】10.12252/j.issn.2096-627X.2023.09.074

引言

随着社会经济的快速发展,电力系统规模不断扩大,电网结构日益复杂,电网安全运行面临着严峻的挑战。电网规划与电力设计是电网建设的前期环节,对电网安全性有着重要的影响。然而目前电网规划和电力设计中仍存在一些问题。因此,深入分析电网规划与电力设计对电网安全影响,并提出相应的对策,对于提高电网安全性、确保电网安全运行具有重要意义。

一、电网规划存在的问题

(一) 规划布局过于分散

我国电网结构以省级和地市级为主要规划单元,各地区根据本地的资源情况和经济发展需求,独立制定电网规划,缺乏统一部署和协调。这导致电网结构布局过于分散,区域间电网互联不足,形成电网“独立王国”。各电网系统之间的联络线路少,联络容量小,不利于实现大区域范围内的电力优化配置和峰谷电力调节,也不利于在电网故障时实现相邻系统的临时支援。此外,分散式电网结构还会加重系统调峰负担,一定程度上制约经济发展。

(二) 规划容量预留不足

我国电网规划在确定规划供电容量时,主要依据区域内各类电力负荷预测结果,但预测中通常仅考虑正常经济增长情景,很少考虑负荷高速增长的情况,也没有考虑异常气候等额外因素对电力负荷的影响[1]。由此导致电网规划容量预留不足的问题时有发生。预留容量不足直接影响到电网运行的安全稳定,一旦发生负荷高速增长或极端天气等情况,就容易造成供电紧张和大面积停电事故。这不利于电网安全经济运行,也会制约区域经济社会发展。因此,规划容量预留不足问题亟须引起足够重视。

二、电力设计存在的问题

(一) 设计安全边际过小

电网电力设计主要确定电气装置和线路的组态参

数,直接影响其运行安全性和可靠性。目前,我国部分电力设计在确定电气装置和线路负荷时存在安全边际过小的问题。主要表现在对设备和线路的过负荷运用时间和容量没有充分考虑设备和线路的安全稳定运行需要,导致实际超负荷容量和超负荷持续时间明显低于设备和线路标准的要求。这势必会使设备和线路长期处于高负荷状况,稳定可靠性下降。一旦出现自然灾害或其他环境压力,就容易引发设备和线路超负荷甚至倒塌,使电网发生大面积故障。

(二) 设计技术手段落后

电力设计在很大程度上依赖计算机仿真技术,但我国部分电网电力设计企业在技术手段和仿真平台上存在一定落后。一些企业仍在使用十多年前的设计软件和计算机,无法建立起精确的三维电网数学模型,也难以对电网负荷变化、故障演变等状况进行全面准确的模拟仿真分析,这直接制约了电网设计的科学合理性。此外,一些设计人员对新技术新设备也不够了解,设计方案中对电力电子技术的集成应用不足,自动化水平不高。技术手段的落后增加了电网设计方案的盲目性,影响设计效果,也为电网安全运行埋下隐患。

三、电网规划对电网安全运行的影响

(一) 影响电网的结构合理性

非科学的电网规划布局很容易导致电网结构局部优化,区域内外电网的耦合联结不足,区际和省际缺乏必要的相互支援通道。这会使不同区域之间的电网系统独立化严重,电网结构整体合理性差,调峰和事故救援都存在困难。例如,某地为追求本地区电网供电自主性,布置了过多的火力发电站,但与周边地区电网的联络却很少;或者为节省建设投资,相邻两地的电网间只建有少量的小容量联络线路。这些都会阻碍不同电网系统之间电力支援交流,不利于实现大范围内的优化配置,也不利于电网故障后的紧急救援,降低电网结构的整体稳定性与安全性。

（二）影响电网的经济合理性

非科学电网规划很容易导致电网投资布局不合理，表现为电网建设严重超前或严重滞后。如某地区为追求政绩或 GDP 增速，大量投资新建火电站、变电站等电网基础设施，但实际电力负荷增长速度较慢，造成电网产能过剩；而另一些地区电力需求增长迅速，电网建设又无法满足需要^[2]。这不仅浪费规划投入，也增加电网运行损耗，使整个电网系统长期处于低效状态，经济合理性差。此外，规划不当还会造成区域内外电网联系不畅，难以实现跨区域跨系统之间的经济优化配置，也增加电网运行维护成本。

（三）影响电网的可靠性

非科学的电网规划会严重影响电网系统的可靠性。表现为区内外电网系统耦合和备用支援不足，系统内部结构复杂，潜在故障点较多，这些都会降低电网自身的抗风险能力和事故自恢复性。例如，仅依赖单一电源的区域电网，一旦该电源发生故障，很难通过邻近系统实现快速支援，更容易演变为全面停电。此外，规划手段和技术水平的局限性，也会埋下电网安全运维的隐患，长期影响电网正常可靠运行。

（四）影响电网的安全稳定性

非科学规划很容易导致区域内外电网联系不足、系统调峰能力和备用容量不足等问题，这些都会严重影响和削弱电网系统的自身安全稳定性。表现为电网负荷容量增长后，容易出现电压、频率等参数波动，甚至超出安全稳定范围；而区域间电力支援不畅，也难以通过相互支援来提高电网抗干扰素力。此外，规划过程中对灾害等极端情况缺乏充分考虑，一旦发生负荷大幅度增长或者自然灾害等情况，很容易诱发电网系统的连锁故障和大面积停电，严重危害电网安全稳定运行。

四、电力设计对电网安全的影响分析

（一）影响电网设备的可靠性

不合理的电力设计很容易导致电网设备长期处于超负荷状态下运转，大大增加了设备的故障风险。一方面，设计参数确定时没有考虑充分的负荷容量冗余，使设备经常工作在超负荷边缘；另一方面，设计时对可能出现的负荷极值情况和故障态演化情况判断不足，很容易在负荷猛增时触发设备超负荷保护而脱网^[3]。此外，设计参数确定过于乐观，也会导致设备稳定运行的减少，设备稳定性差，各类隐患增多。这些问题势必会大大提高电网系统的运维难度，减短设备的使用寿命，降低电网设备的整体可靠性水平，严重影响电网的安全稳定运行。

（二）影响电网故障自恢复能力

电力设计参数不当很容易导致电网系统设备容量设计不足，备用及支援能力不足，系统抗风险能力差。一旦发生故障，很难依靠自身系统实现故障隔离和系统恢复。例如，设计阶段由于对设备容量需求和故障态情况判断不足，设置的设备容量较小，冗余度不足；或者对节点设备的供电方式设计不到位，备用供电通道不畅。这些问题都会严重影响电网系统发生故障后的自我恢复能力，延长故障持续时间，严重影响电网安全稳定性。

（三）影响电网事故波及范围

不合理的电力设计很容易增加电网系统的潜在故障点，这类故障点一旦发生问题，就面临着可能迅速演变为重大事故的风险，并快速波及周围设备乃至系统。此外，设计参数不当也会导致电网系统内部区域及部件之间的耦合度过高，电气联系过于紧密，这会减小系统的抗风险能力。上述问题将会加剧电网事故的级联波及效应，扩大事故的影响范围。

（四）影响电网安全控制水平

电力设计手段及设备选择的落后，直接导致电网的状况监测与事故预测预警能力较差，自动化水平低，这些都是影响电网安全稳定运行的关键因素。具体来说，设计中没有充分运用先进的传感检测技术手段，电网状况掌握存在盲区；事故演化预测和预警功能也很薄弱。此外，自动化设备、新型控制系统的应用也关系到电网的安全控制和管理水平，设计中这方面的不足也会严重影响电网的安全稳定性。

五、基于电网安全下的电网规划与电力设计策略

（一）优化电网结构，实现合理布局

应加强区域间电网的统一协调规划，构建覆盖全国的强相连电网体系，实现大范围内的优化配置。国家电网规划部门要加强对各区域电网发展的宏观指导，提出系统的电网布局方案，合理配置火力发电和新能源发电基地，使主要负荷中心与周边电源形成合理匹配，丰富区域间电力交流通道。例如，东北地区水利资源丰富，应大力发展水电站群，并通过多条大容量输电通道，向中东部地区供电；而中西部地区光伏资源优越，也要规划建设规模化的光伏电站，向负荷集中的东南沿海地区供电^[4]。这可以提高不同区域的电网协同性，形成优势互补的大电网络格局。在区域内电网规划时，也要合理布局变电站、联络线路等基础设施，构建具有充足联络容量的稠密电网体系。这有助于区域内实现更优的电力分配，也可以用于区域故障后的紧急支援。此外，还要积极推动区域智能电网建设，广泛采用先进的信息通信和控制技术，实现电网与各类电源的实时互动，提高电网自身的状况识别能力、控制能力和安全稳定性，从而

全面提升区域内外电网的结构合理性与安全性。

(二) 提高规划容量弹性, 增加预留空间

电网规划时, 应充分考虑各类不确定性因素对电力负荷的影响, 针对性地提高负荷年增长率, 加大容量准备空间。规划部门在预测区域电力负荷时, 不能简单地以经济增速测算, 而要充分综合考虑人口流动、产业政策、节能降耗、极端天气等多种因素对电力需求的影响, 预计其中具有较大不确定性的情景, 适当提高负荷年增长系数, 加大规划容量的弹性空间。电网规划要根据负荷情景的不确定性, 合理提高变电站、联络线路等电网设备的容量余裕系数。如对一般变电站, 可提高容量余裕系数到30%以上; 重要输变电设备和通道可以达到50%。这样可以为电网提供更充足的备用调节资源, 确保在负荷高速增长情形下, 电网仍有较大的负荷容量提升空间, 而不会超出安全稳定边界。规划单位在确定关键供电节点的供电方式时, 也要考虑到输电线路及变电站停运的概率, 设置必要的备用供电通道或备用变源, 实现供电冗余, 确保在零星自然灾害等情况下能保障电力供应的可靠性。这些针对性的规划优化举措, 可以大大提高电

(三) 加大设计安全边距, 提升设备可靠性

电力设计时要充分考虑故障情况下的负荷极值状况, 确定各类电气设备及线路的合理超载时间及容量, 设置充足的安全边际。设计单位在确定变电站、输电线路、发电机组等设备的参数时, 需要通过多种故障模拟情景, 预测电网在不同事故条件下可能出现的负荷峰值情况。例如在主供电通道发生故障时, 备用通道的负荷激增情况; 或者在发电机组发生脱网事故后, 其他机组的超负荷承载情况等。并基于此合理设定设备允许的超载倍率和超载持续时间, 确保电网在复杂故障条件下仍能安全运行。电力设计时还要充分考虑气候变化等趋势对电网运行的长远影响。如全球变暖背景下极端高温情况出现的概率增大, 这都会推高电力负荷的预期峰值。设计时应应对设备参数设置必要的安全容量超前, 增大安全冗余空间。电网设计过程中要积极运用新材料、新工艺等先进技术, 提升电力设备的承载能力、控制能力和可靠性。并在设计方案中提供设备技术路线优化或更新的空间。这些针对性设计优化举措, 可以提高电网面对复杂环境的安全性和稳定性, 有效降低事故概率和事故级联风险, 保证电网高效可靠运行。

(四) 运用新技术, 提高设计水平

推动设计单位加快技术创新步伐, 大力采用先进的数值计算和仿真手段, 建立精确的大容量电网模型, 充分运用大数据和人工智能技术, 全面提升电力设计的精细化智能化水平。电力设计单位要加大技术创新投入力

度, 优化内部管理流程, 鼓励员工开展技术攻关和创新实践, 积极学习国内外先进技术成果。要大力采购和更新高速计算机集群、三维仿真软件等数字化设计平台, 应用足够精确的数学算法建立起大规模电网的全面数学模型^[5]。基于此模型, 能对复杂多变的电网负荷情况和潜在故障进行模拟演算, 提高电网设计方案的科学性。此外还要引入大数据分析和人工智能等新技术, 辅助设计人员进行海量数据处理、情况预测、决策支持, 使电网设计全流程实现精细化智能化, 大幅提升设计效率与质量。要建立技术创新与应用转化的长效机制, 形成良性循环, 逐步缩小我国电力设计领域与国际先进技术的差距, 为电网建设提供强有力的技术支撑, 全面提升我国电网的安全性、经济性和智能化水平。

(五) 建立动态规划机制, 实现协调一致

电网建设全过程要贯彻协调一致思想, 建立区域间和各规划阶段间的有效衔接机制, 形成科学合理、适应电网发展需求的动态规划体系, 为电网安全打下坚实基础。国家电网公司作为电网规划的主导部门, 要加强对区域电网发展规划的顶层设计和系统布局。在区域间层面, 要建立统一的信息共享和评估平台, 实现东中西不同区域在电网建设规划方面的协同。各区域电网规划要在全国电网布局的指导下进行本地区电源配置、变电站设置等规划设计, 形成大的协调框架。在区域内部, 也要统筹好不同电压等级电网之间的匹配关联, 实现从高压输电网到配网的正向衔接。

结束语

通过上述分析可以看出, 电网规划与电力设计对电网安全运行有着重要的影响。要提高电网安全性, 必须从电网规划和电力设计方面入手, 优化电网结构布局, 加大安全容量预留, 采用先进设计理念和技术手段, 并建立动态规划机制, 以此促进电网规划和电力设计的协调一致, 为电网安全提供坚实的基础。

参考文献

- [1] 洪建. 分析电网规划与电力设计对电网安全影响[J]. 电器工业, 2023, (06): 66-69.
- [2] 李阿鹏, 乐程毅, 贝斌斌等. 电网规划与电力设计对电网安全的影响[J]. 光源与照明, 2021, (10): 146-148.
- [3] 徐兴宝. 电网规划与电力设计对电网安全的影响分析[J]. 中国设备工程, 2021, (09): 227-228.
- [4] 朱江彦. 电网规划与电力设计对电网安全影响分析[J]. 中国管理信息化, 2020, 23(20): 128-129.
- [5] 吴克慈. 电网规划与电力设计对电网安全的影响分析[J]. 无线互联科技, 2020, 17(11): 111-112.