

# Analysis on Operation Stability and Safety Measures of Power System

Bo Zhang

Linqu Branch of Shandong Wuzhou Electric Power Co., Ltd., Weifang, Shandong, 261000, China

## Abstract

The power system supports the normal operation of industrial production, residential life and social public services, and its stability and safety are directly related to social development and public security. With the high-proportion integration of new energy, the continuous increase of power load and the frequent occurrence of extreme weather, the operating environment of the power system has become increasingly complex. Safety risks are characterized by multi-source, superposition and cascading effects, posing a serious threat to the operational stability and safety of the power system. Based on the actual operation of the power system, this paper analyzes the existing safety and stability problems in the operation of the power system, and puts forward corresponding improvement measures from three aspects: intelligent parameter monitoring, standardized operating procedures, and establishment of emergency response mechanisms. It provides theoretical support and practical guidance for the safe and stable operation of the power system, so as to ensure the reliability and continuity of power supply.

## Keywords

power system; operation stability; safety; intelligent monitoring; emergency response

## 电力系统运行稳定性与安全性措施的分析

张波

山东五洲电气有限公司临朐分公司, 中国·山东 潍坊 261000

## 摘要

电力系统支撑着工业生产、居民生活以及社会公共服务的正常运转, 它的稳定性和安全性同社会发展和公共安全有着直接联系。伴随着新能源高比例接入、电力负荷不断增大、极端天气频繁出现, 电力系统运行环境越来越复杂, 安全风险具有多源、叠加、连锁的特点, 运行稳定性与安全性受到严重威胁。本文根据电力系统运行实际情况, 分析目前电力系统运行中存在的稳定性、安全性问题, 从智能参数监控、操作程序规范、应急响应机制建立三方面提出相应的提高措施, 为电力系统的安全稳定运行提供理论支持和实践指导, 保证电力供应的可靠性、连续性。

## 关键词

电力系统; 运行稳定性; 安全性; 智能监控; 应急响应

## 1 引言

随着我国社会经济的快速发展, 工业生产、居民生活以及新兴产业对电力的需求不断上升, 电力系统规模越来越大, 结构越来越复杂。同时光伏、风电等新能源占比越来越高, 电动汽车普及带来的负荷增长, 台风、寒潮等极端天气频繁出现, 使电力系统运行的不确定性越来越大, 运行稳定性、安全性成为电力行业的主要问题。因此, 对电力系统运行中安全性、平稳性问题进行深入分析, 并提出科学有效地提高措施, 对保证电力系统安全稳定运行、促进电力行业高质量发展有着十分重要的意义。

## 2 电力系统运行中的安全性与平稳性问题

### 2.1 设备运行隐患突出, 可靠性不足

电力设备是电力系统运行的根基, 电力设备运行状况关乎电力系统是否稳定、安全。目前我国部分电力设备存在老化、磨损、维护不到位等现象, 是造成电力故障的主要原因。一方面, 一些老旧电力设备的服役年限比较长, 比如变压器、断路器、输电线路等, 设备性能变坏, 绝缘老化, 部件磨损严重, 容易引发短路、漏电等故障, 干扰电力系统的正常运作; 另一方面, 部分新能源发电设备质量良莠不齐, 且运行环境恶劣, 极易受到极端天气的影响而发生故障停机的情况, 造成新能源出力出现波动, 进而对电力系统功率平衡造成影响。除此之外, 设备维护管理体系不健全, 部分运维单位缺少专业技术人员及先进维护设备, 对设备日常巡检、故障排查工作不到位, 不能及时发现并处理设备存在的

【作者简介】张波(1988-), 男, 中国山东潍坊人, 本科, 从事电气工程及其自动化研究。

隐患,从而造成设备运行不稳定。

## 2.2 参数监控精度不足,预警能力薄弱

电力系统运行时电压、电流、频率、功角等参数稳定是保证系统安全稳定的一个重要条件,准确的参数检测可以及时发现运行中出现的异常并预防故障的发生。目前部分电力系统参数的监控技术比较落后,监控设备精度不高,数据采集不及时,数据误差大等状况都不同程度地存在着。一些偏远地区输电线路监控设备比较简陋,不能及时采集线路的电压、电流等参数,不能发现线路过载、电压越限等异常情况;部分监控系统缺少多源数据融合功能,不能把新能源出力、负荷变动、极端天气这些各方面数据融合起来,不能准确评价系统运行风险并发出提前预警。除此之外,监控系统的智能化程度不高,大多依靠人工来判断,不能对异常情况进行自动识别、自动预警、自动处理,预警响应慢,容易造成小故障演变成大电力事故。

## 2.3 操作不规范与应急处置能力不足

电力系统运行包含许多操作环节,操作人员操作是否规范,直接关系到系统运行的安全。目前一些电力企业操作人员专业素质较低,缺少系统的专业培训,存在操作不规范、违章操作等问题,例如误操作断路器、误调整设备参数等,容易造成电力故障,影响电力系统的稳定运行。同时部分电力企业缺少完善的应急响应机制,应急处置能力欠缺。应急预案制定不合理,针对性、可操作性差,没有根据不同的电力故障来制定出相应的应急处置方案;另一方面是应急资源储备不足,缺少足够的抢修物资、应急发电设备和专业的抢修队伍,而且应急演练开展不充分,操作人员应急处置能力有待提高,造成事故发生后不能迅速响应、准确处置,延长故障持续时间,扩大事故影响范围。

# 3 提升电力系统运行稳定性与安全性的意义

## 3.1 保障社会经济高质量发展,筑牢产业发展根基

电力系统的运行稳定、安全直接影响到社会经济发展质量、效率,是各类产业正常运转的基础。目前我国正处在经济转型升级的重要时期,工业生产、新兴产业、基础设施建设等各个领域对电力的需求越来越大,不管是高端制造业的精密生产、大数据中心的持续运转,还是新能源产业的规模化发展,都离不开稳定的、安全的、可靠的电力供应作为保障。当电力系统发生不稳定、不安全问题时,就会引起停电、电压波动等故障,不但会造成工业企业生产线停工停产,带来巨大的经济损失,而且会对新能源、数字经济等新兴产业的发展造成影响,阻碍产业结构优化升级。制造业企业如果发生突然停电的情况,就会造成生产设备停止工作、半成品报废,直接导致生产成本的损失,并且还会造成订单交付的延误,从而影响到企业的市场竞争力,而大数据中心、云计算平台如果发生停电,就会造成数据丢失、服务中断,进而影响到数字经济相关产业的正常运转。

## 3.2 保障民生福祉,维护社会公共安全

电力同居民日常生活和社会公共服务有着密切联系,提高电力系统的运行稳定性和安全性,是改善民生、保证社会公共安全的一项重要举措。居民日常生活中的照明、供暖、制冷、家电运行等都需要用电,如果电力系统运行不稳定,经常出现停电、电压不稳等情况,就会严重影响居民的正常生活秩序,降低居民的生活质量,尤其是对老年人、残疾人等特殊人群来说,停电还会带来安全隐患。社会公共服务领域中医院、学校、交通枢纽、应急救援机构等重点场所对电力供应的安全性、稳定性有很高的要求,医院重症监护室、手术室需要持续稳定的电力来保证医疗设备的正常运转,否则就会危及患者的生命安全;交通枢纽信号灯、轨道交通供电系统如果发生故障,会造成交通瘫痪,影响群众出行安全;应急救援机构的通信、救援设备依靠电力,电力中断会妨碍应急处置工作,耽误救援时间。极端天气、突发灾害等情况下稳定的电力供应,给应急救援、群众基本生活保障提供强有力的支撑。

## 3.3 推动能源结构转型,助力“双碳”目标实现

随着“双碳”目标的推进,我国能源结构正向清洁化、低碳化转变,光伏、风电等新能源占比越来越高,这对电力系统运行稳定性、安全性提出更高的要求。新能源发电具有间歇性、波动性,大规模新能源接入之后,会造成电力系统功率平衡难度增大,如果系统运行稳定性不够,会使得新能源不能被有效消纳和利用,从而影响能源结构转型。提升电力系统运行稳定性、安全性,可以改善电力系统的调度水平,促进新能源同传统能源的相互补充,提升新能源消纳比例,推进光伏、风电等清洁能源的大规模应用,削减化石能源消费,缩减碳排放。稳定的、安全的电力系统可以促进储能技术、智能电网技术的推广使用,完善新能源消纳和调度体系,推动能源生产、传输、消费全链条的低碳转型。

# 4 提高电力运行稳定性与安全性的措施

## 4.1 运用智能技术进行参数监控

依靠大数据、人工智能、物联网等智能技术创建全方位、高精度、智能化的电力系统参数监控体系,实现电力系统运行状态的实时感知、精确监测和智能预警,提高电力系统运行的稳定性和安全性。首先完善感知层建设,在变压器、断路器、输电线路、新能源发电设备等关键设备上安装高精度的智能传感器、同步相量测量单元(PMU)等监控设备,实时采集电压、电流、频率、功角、设备温度等运行参数,保证数据采集的及时性、准确性,PMU采样频率可达50Hz~100Hz,时间误差 $\leq 1\mu\text{s}$ ,可以很好地监测电网暂态稳定。其次,建立高效的网络传输层,使用光纤通信、5G、工业以太网等先进的通信技术,建立电力专用通信网络,实现监控数据的快速、可靠传输,用加密、认证等方式保证数据的安全,防止恶意篡改或者窃取。再次,创建智能化的

平台层,把多源监控数据整合起来,创建数据采集与监控系统(SCADA)、能量管理系统(EMS)、动态安全评价系统(DSA)等,用大数据分析、机器学习等算法对监控数据展开深入剖析并作出评判,从而达成对电网状况的全方位感知、危险预估以及智能警报的目的。用机器学习算法对电网运行数据进行训练,找出异常模式,提前发出设备故障、负荷突变等预警信息,用动态安全评价系统,将PMU的暂态数据与电网在故障后的稳定性相结合,提前给出预防控制措施。最后,对优化后的应用层功能进行实现,完成安全预警可视化、故障诊断及定位、调度辅助决策等各项功能,采用地理信息系统(GIS)将电网的状态叠加在地图上,直观地显示风险分布情况,并且可以实现故障的自动诊断和精确的定位,给调度人员以及运维人员提供决策支持,从而提高故障处置的效率。

#### 4.2 制定严格的操作程序与规范

建立完善的电力系统操作程序及规范,加强操作人员的管理和培训工作,规范操作行为,减少由于人为因素造成的操作失误,保证电力系统的安全运行。首先完善操作管理制度,根据电力系统运行实际情况,制定设备操作、调度运行、维护检修等各个环节的操作程序及规范,明确操作流程、操作标准、责任分工,保证每一个操作都有章可循、有据可依。制定断路器操作、设备参数调整、新能源出力调度等操作规范,对操作步骤、安全注意事项、应急处置措施做出规定,防止违章操作。还需要对操作人员进行专业技术培训,定期组织操作人员参加操作技能、安全技术、设备操作规程、安全防护知识、故障处理方法等有关方面的专业培训,以提高操作人员的业务水平和安全素质。另外,加强操作过程的监督,用视频监控、操作记录等方式对操作人员的操作过程进行全过程的监督,及时发现并纠正不规范的操作行为,对违规操作行为进行严肃处理,营造出“不敢违规、不能违规、不想违规”的良好氛围。推广标准化的操作程序,使用标准化的操作票、工作票制度来规范操作过程,减少人为失误,保证电力系统运行的安全性、稳定性。

#### 4.3 构建应急响应机制

建立预防、预警、响应、恢复全过程的应急响应机制,提高电力系统应对突发故障的能力,最大程度地减少事故的影响,尽快恢复电力供应。第一,创建完善的应急预案体系,依照电力系统发生故障的不同种类、严重程度来制订分级分

类的应急预案,明确应急组织机构、应急响应程序、应急处置措施以及责任划分,提高应急预案的针对性和实用性。就特别重大大面积停电事故而言,制订跨区域支援应急预案,针对省级电网故障,制订本地应急处置方案,保证各种类型事故得到及时处理。第二,健全应急物资储备机制,建立完善的应急物资储备体系,储备充足的抢修物资,应急发电设备,无人机等,保证事故发生时能够及时调用物资进行抢修;组建专业的应急抢修队伍,配备专业的抢修人员、抢修设备,定期组织应急演练,提高抢修队伍的应急处置能力,保证事故发生后能迅速反应,高效抢修。其次,健全预警和应对机制,依靠智能监控系统发出的预警信号来创建分级预警体系,依照预警等级,采取相应的应对措施,对红色预警实行应急处置,黄色预警加强监测,保证预警信息能及时传达,应急响应能迅速开始。最后加强应急联动与协同,加强同政府部门、电力企业、新能源企业等有关单位的沟通联系,建立应急联动机制,实现应急资源互享互用、应急信息互通有无,提高应急处置的协同性,保证发生事故后能够形成处置合力,尽快恢复电力供应。

## 5 结语

电力系统运行稳定性、安全性是保证社会经济发展的基础、是保障公共安全的基础,电力系统规模越来越大,运行环境越来越复杂,提高电力系统运行稳定性、安全性成为电力行业的重大任务。目前电力系统运行中存在着设备运行隐患多、参数监控不到位、操作不规范、应急处理能力差等隐患问题,给电力系统的安全稳定运行带来了影响。

## 参考文献

- [1] 路应才.新型电力系统背景下火电厂设备运行关键问题及优化策略[J].电力设备管理,2025,(17):56-58.
- [2] 陈伦鑫.电力工程中的电力系统稳定性分析[J].光源与照明,2025,(08):236-238.
- [3] 冷俊翰.汽轮机机械系统与电力系统联动控制研究[A].2025人工智能与工程管理学术交流会论文集[C].中国智慧工程研究会智能学习与创新研究工作委员会:2025:331-333.
- [4] 黄颖.电力系统运行稳定性与安全性措施的分析[J].集成电路应用,2024,41(08):262-263.
- [5] 黄俊超.火电厂集控运行在电力系统稳定性中的作用分析[J].仪器仪表标准化与计量,2024,(03):27-29.