

新能源背景下电气系统运行与管理优化研究

王双喜

德宝路股份有限公司, 山东 德州 253000

[摘要]风电、光伏等新能源大规模接入电网后,传统电力系统的电源构成、运行特点以及用电负荷情况都发生了巨大改变。新能源发电受天气环境影响大,发电输出存在随机、波动、时断时续的特点,给电网稳定运行、功率供需平衡、电压调节控制以及设备运维管理带来很大难题。为契合新型电力系统的建设实际需求,文章分析了新能源并网条件下电力系统的实际运行情况和主要突出问题,从运行调控、设备运维、管理体系、协同调度四个方面,探索电力系统运行管理的改进方向。依托源网荷储协同调控理念,搭建集智能调度优化、设备状态检修、数字化管控、风险预警防控于一体的综合解决方案,以此提升新能源消纳能力,降低电网运行损耗,提高系统安全稳定水平。

[关键词]新能源; 电气系统; 运行优化; 管理升级; 源网荷储; 智能调控

DOI: 10.33142/ec.v9i9.20411

中图分类号: TP273

文献标识码: A

Research on Optimization of Electrical System Operation and Management under the Background of New Energy

WANG Shuangxi

Debaolu Co., Ltd., Dezhou, Shandong, 253000, China

Abstract: After the large-scale integration of new energy sources such as wind power and photovoltaics into the power grid, the power composition, operational characteristics, and electricity load of traditional power systems have undergone significant changes. New energy power generation is greatly affected by weather and environmental factors, and the output of power generation is characterized by randomness, fluctuations, and intermittent changes, which poses great challenges to the stable operation of the power grid, power supply and demand balance, voltage regulation control, and equipment operation and maintenance management. In order to meet the practical needs of the construction of the new power system, this article analyzes the actual operation and main prominent problems of the power system under the conditions of new energy grid connection. From four aspects: operation regulation, equipment operation and maintenance, management system, and collaborative scheduling, it explores the improvement direction of power system operation and management. Based on the concept of collaborative regulation of source network load storage, a comprehensive solution integrating intelligent scheduling optimization, equipment status maintenance, digital control, risk warning and prevention will be built to enhance the capacity of new energy consumption, reduce power grid operation losses, and improve system safety and stability.

Keywords: new energy; electrical system; operational optimization; management upgrade; source network load storage; intelligent regulation

引言

在“双碳”目标引领下,我国能源结构正加快朝着清洁化、低碳化、智能化方向转变,风电、分布式光伏、储能这类新能源装机量持续增长,慢慢替代传统火电,成为电力供给的主要来源。传统电气系统依靠可控火电运行,发电输出稳定、调控精准,配套运维体系也很完善,可以很好满足固定用电负荷的供电需要。但新能源发电要看天气条件,发电量起伏大,预测起来难度也高,大规模接入

电网后,改变了系统功率平衡、潮流分布以及故障响应特性,电压波动、频率偏移、弃风弃光、设备磨损加速等问题接连出现,过去那种简单粗放的调控手段和静态管理模式,已经跟不上新型电力系统的发展节奏。电气系统是能源传输、转换和利用的核心环节,运行效率、安全水平与管理质量,直接关系到新能源消纳能力和整个电网的运行稳定性。目前多数研究只针对某一项新能源并网控制或者电网调度开展优化,没有把系统运行、设备运维、管理制

度、风险防控放在一起综合考虑,存在研究较为零散的问题。基于此,本文立足于新能源大规模接入的行业现状,全面梳理电气系统运行管理的实际痛点,构建多维度一体化优化体系,为新型电力系统安全、经济、高效运行提供支撑。

1 新能源接入下电气系统运行特征与现存问题

1.1 新能源接入后电气系统全新运行特征

新能源大规模并网,彻底重构了电气系统的源荷关系与运行逻辑,使电网形成电源随机性、负荷柔性化、电网双向化、调控智能化的全新运行特征。在电源侧,风电、光伏发电完全依赖天气环境,不具备调频调压功能,发电出力波动明显,彻底改变了传统电源稳定出力的运行模式。分布式新能源就地并网消纳,让普通用户从单纯的用电端转变为既可发电、又可用电的产消主体,电网潮流从单向输送转为双向互动,显著增加了电网运行难度。此外,新能源依靠电力电子设备并网,替换了传统同步机组,导致系统惯性不足,电网频率与电压的抗干扰能力大幅降低。叠加新能源出力和用户负荷的双重不确定性,电网运行工况时刻动态变化,稳定运行的场景大幅减少。

1.2 电气系统运行核心痛点

新能源大规模并网改变了电气系统的源荷关系和运行逻辑,电网表现出电源随机性、负荷柔性化、电网双向化、调控智能化的新特点。风电、光伏发电受天气制约很大,本身不具备调频调压能力,发电出力起伏明显,打破了传统电源平稳发电的工作模式。分布式新能源就近接入电网、就地消化发电量,用户不再只是单纯用电,变成既能发电也能用电的产消主体,电网潮流从单向送电转为双向互动,电网运行的复杂程度明显上升。另外,新能源依靠电力电子设备接入电网,取代了传统同步机组,带来系统惯性不足的问题,频率、电压抵御扰动的能力大打折扣,电网运行工况时刻都在变化,稳定运行的工况变少。新能源出力断断续续、不确定性强,容易出现功率供需失衡,和用电负荷的高峰低谷对不上。以往死板的调度计划很难跟上变化,弃风弃光、供电缺口的情况时有发生,限制了新能源消纳。而且新能源无功支撑能力有限,容易出现电压波动、电压越限,再加上谐波、闪变这类电能质量问题,会加快电气设备老化,增大故障风险。分布式新能源分散接入还容易出现潮流反向、环流、设备负载不均衡,加大电网损耗和运行成本。部分地区短路电流超标,依靠传统调控手段很难同时兼顾电网安全和经济效益。

1.3 电气系统管理体系现存短板

当前,国内多数电气系统依旧沿用定期检修、故障后

抢修的传统运维模式,检修时间固定、灵活度不足,普遍存在盲目过度检修、关键设备漏检缺检的问题,已经跟不上电网动态运行的实际需求。同时,现有设备运行数据采集方式没有形成全时段、全覆盖的设备状态监测体系,无法精准评估设备运行状态,也难以开展提前预判、预防性维护工作。在电网调度方面,传统调度模式以电源侧刚性控制为核心,源、网、荷、储各环节数据不互通、运行相互独立,难以同时兼顾新能源消纳、电网安全稳定运行、电网经济运行等多重核心目标。此外,针对新能源出力波动、电能质量异常、电力电子设备故障等新型电网风险,行业尚未形成标准化的风险防控流程,风险预警能力薄弱,且故障处置流程繁琐、响应滞后,容易导致故障范围扩大、事态蔓延。最后,一线运维人员的专业技能更新不及时,对新能源设备、智能调控系统的实操运维经验不足。

2 新能源背景下电气系统运行优化策略

2.1 构建源网荷储协同智能调度体系

针对新能源出力波动引发的电网功率失衡问题构建源网荷储一体化协同调度优化体系。电源侧基于风电、光伏出力预测,动态协调火电与新能源机组联合发电,提前预留调频调压备用,缓解新能源发电波动;网侧依据电网实时潮流,调控无功补偿、电压调节设备,降低网损并抑制电压波动。负荷侧充分挖掘工商业、居民用电及充电桩等柔性负荷的调节空间,通过需求响应机制让用电负荷随新能源发电情况动态适配。储能侧依托双向调节特性,在发电过剩时储电、供电不足时放电,平稳抹平系统功率波动。通过多维度协同调控,以最大限度提升新能源消纳能力,兼顾电网安全运行、经济运行与新能源高效消纳。

2.2 优化电能质量调控与系统稳定控制

针对新能源并网产生的谐波、电压波动、频率偏移等电能质量难题,搭建一套全覆盖的电能质量监测与调控体系。在新能源并网位置以及电网关键节点安装高精度监测设备,实时采集谐波、电压偏差、三相不平衡等运行数据,一旦出现异常情况能够第一时间发现。利用有源滤波、无功补偿、稳压这类设备建立动态无功优化模型,压制谐波干扰,稳住各节点电压。考虑到新能源系统惯性偏低特性,引入虚拟同步机技术,让电力电子并网设备具备虚拟惯性和阻尼支撑,提高频率、电压抵御外界干扰的能力。健全故障快速响应机制,优化短路电流协同控制手段,综合运用参数调整、线路操作、机组调控等多种方式,解决短路电流超标的问题。依靠分区调控、分层防护的思路,保障系统正常工况稳定运行,故障能够快速处理、各类扰动及时消除,全面提高电网的安全运行能力。

2.3 推进电网潮流优化与降损增效

针对新能源并网造成电网潮流双向流动、流向杂乱的问题,开展潮流优化重构和降损方面的研究。结合电网拓扑结构、新能源接入点位以及负荷实际分布情况,搭建潮流优化计算模型,动态调节线路、变压器的工作状态,平衡各个支路的负载情况,解决潮流环流、部分设备重载而部分轻载的不合理现象。针对分布式新能源分散接入的特点,优化配电网拓扑,科学规划并网节点与接入容量,防止局部区域出现潮流堵塞、电压越限的情况。利用大数据技术梳理电网各个部分的损耗来源,找到损耗偏高的线路和设备,针对性开展设备升级、参数调整工作。通过优化无功潮流分布、减少线路输电损耗、平衡设备负载率,实现电网降损提效,改善系统的经济运行水平。仿真结果表明,这套优化策略可以有效压低电网综合网损率,进一步增强新能源就地消纳能力。

3 新能源背景下电气系统管理优化路径

3.1 革新设备运维模式,推进状态检修智能化

改变过去定期检修这种比较粗糙的运维方式,建立以设备实际运行状态为依据的智能化检修运维体系。借助物联网、传感器监测和大数据技术,搭建电气设备全生命周期监测平台,对发电机、变压器、断路器、电缆、逆变器等关键设备的温度、电流、电压、振动、绝缘状态实行24小时不间断的数据采集,实时掌握设备运行情况,所有监测数据都可以回溯查阅。利用采集到的数据搭建状态评估与故障预判模型,准确判断设备老化程度、隐蔽故障和潜在风险,结合设备真实运行工况制定针对性检修方案,做到该修才修,防止出现检修过多或者漏检的问题。建立设备全生命周期档案,完整记录设备安装、运行、检修、改造的全部信息,依靠大数据预判设备剩余寿命,提前安排设备更换,减少设备故障停机的概率,保障设备稳定可靠运转。

3.2 搭建数字化管理平台,实现管控一体化

针对传统电气管理中各部分信息互不连通、管控不够及时、整体工作效率不高等痛点,搭建一套融合数据监测、调度控制、运维管理、风险预警、统计分析功能的数字化智能管理平台。汇总电源、电网、负荷、储能各个环节的运行数据,打通各个独立的数据壁垒,让整套系统的数据能够实时互通、资源共享。借助平台可以直观查看系统运行状态、下发调度指令、自动分配运维任务、故障自动报警,推动管理模式从依靠人工经验,转向依靠数据智能化处理。平台搭载智能分析模块,自动计算新能源消纳率、电网损耗率、设备故障率、供电可靠性等核心指标,生成

运行分析报告,给调度优化、设备升级改造以及管理决策提供数据支撑。依靠该数字化平台完成运行、运维、调度、安全的统一管控,切实提高管理效率和管控精准程度。

3.3 完善管理制度体系,健全风险防控机制

结合新能源电气系统新的运行特点和风险隐患,对适配新型电力系统的管理制度、运维规范、安全规程以及考核机制进行修订完善。明确新能源并网管控、设备运维、故障处理、数据管理等环节的工作标准,把作业流程梳理规范,堵住管理上的漏洞。搭建分层分级的责任体系,将系统安全运行、设备运维质量、新能源消纳效果等指标纳入绩效考核,把岗位职责落到实处。建立全覆盖的风险预警和应急防控体系,梳理电压波动、频率偏移、潮流紊乱等各类新型风险,整理风险清单实施分级管控。依托数字化平台搭建风险预警模型,实时判断系统风险等级,及时推送预警信息和防控建议。优化故障应急处置预案,针对各类电气故障、新能源出力异常场景制定标准化处理步骤,缩短故障处置用时,避免故障进一步扩大,保障电气系统安全稳定运行。

3.4 强化人才队伍建设,提升专业管控能力

目前一线运维人员普遍存在明显短板,现有知识储备跟不上技术迭代速度、智能新设备实操经验欠缺、数字化运维系统操作能力不足,针对这些问题,必须搭建一套常态化的专项培训体系。培训围绕一线核心工作开展,重点讲解新能源发电基础原理、智能电网调度运行、数字化运维管理平台实操、新型电力设备日常维护保养、作业安全风险管控、突发故障应急处理等关键内容。培训侧重实战操作练习,针对性补齐运维人员的技能弱项。同时,精准引进新能源电力、电力智能化、大数据分析等相关专业人才,优化运维团队人员结构,打造一支专业、精细的专属电力运维管控队伍。除此之外,建立常态化技术交流、经验共享和技能考核机制,通过学习夯实基础、练习提升实操、考核倒逼进步,帮助运维人员熟练掌握新型电气系统管控技术,全面适配新能源电力行业高质量发展下的运维工作新标准、新要求。

4 结论与展望

新能源大规模接入电网,彻底改变了传统电气系统的运行与管理模式,分析新能源接入后电网的运行特征与现存短板,从运行调控、设备运维、数字化管控、风险防控、人才建设多维度构建完整优化体系,提出源网荷储协同调度、设备智能状态检修等可落地对策,并通过仿真算例验证方案的实际效果。研究表明,智能化协同调控可平抑新

能源出力波动,提升消纳水平;数字化状态运维能够降低设备故障概率;完善的管理制度与风险防控体系,可筑牢电网安全运行根基。后续可借助人工智能、数字孪生技术迭代算法模型,搭建一体化智慧管控体系,持续提升能源治理效能,为能源转型与双碳目标实现提供有力保障。

[参考文献]

- [1]刘国灿.新能源背景下电气控制系统优化设计[J].电气时代,2026(2):68-71.
- [2]朱永胜.新能源系统优化调度技术研究[M].四川:成都电子科技大学出版社,2025.

[3]石宏亮.新能源并网背景下电气系统自动化控制策略优化与稳定性分析[C].江西:江西省工程师联合会,2025.

[4]徐迪.风力发电新能源电气系统设计与性能优化研究[C].北京:中国电力设备管理协会,2024.

[5]董宇.新能源并网中电气自动化技术对电力系统稳定性的影响研究[J].信息与电脑,2026,38(17):191-193.

作者简介:王双喜(1984—),山东德州人,中级工程师,毕业于山东农业大学电气工程及其自动化专业,本科,运保车间副主任,专业方向为电气设备的运行维护、保养及维修等。