

行业前沿

构建新型电力系统离不开气象科技的有力支撑



宁夏风电集群

■ 王亚伟

如期实现碳达峰、碳中和目标,不仅需要加快转变经济发展方式,构建以新能源为主体的新型电力系统,还要不断增强自然生态系统固碳能力。对此,气象部门也能够发挥更大作用、作出更大贡献。

绿色能源发展布局
需要科学的气候区划

按照相关规划,到2030年,我国非化石能源占一次能源消费的比重将达25%左右,风电、太阳能发电装机容量将达12亿千瓦以上;碳中和目标则要求我国风电、太阳能发电装机容量达60亿千瓦以上。

我国可再生能源开发潜力大,风电、光伏装机连续多年居世界第一。风能、太阳能作为气象能源,分布特征与气候条件息息相关。因此,风电、太阳能发电等新能源开发利用和高质量发展,不是简单的增加基础设施投入,而是需要提前开展气候资源科学规划。

只有通过详实的气候资源普查、科学

分析气象,才能优化风电、太阳能发电等新型电力产业布局,最大限度提高风光利用率,形成风能、太阳能、水能等可再生能源与常规能源协同发展的格局。

新能源安全高效运行
需要精准的气象服务

风、光等气候资源具有间歇性、不稳定性,导致风电、太阳能发电具有波动性等特点。如大面积持续性阴天、雨天、静风天可能对以新能源为主体的新型电力系统造成电力断供风险。因此,开展精准的风电、太阳能发电功率预报,对增强新能源并网调度水平、提高新能源装机利用率将发挥重要作用。

同时,在全球气候变化背景下,极端天气增多增强,大范围低温雨雪冰冻、大风、雷暴、沙尘暴等灾害性天气可能损毁电力设施,影响能源安全。如2021年7月12日,山东强对流天气导致121台风机停运,受影响风电装机容量达22.21万千瓦。此外,高比例可再生能源开发意味着我国风电、太阳能发电装机量将大幅增长,这对我国气候、生态和环境的影响尚未明晰,亟待开展前瞻性研究。

修复和保护自然生态系统
需要高效的气象保障

在自然生态系统中,气候是最活跃的因素,是自然生态系统状况的综合反映,也是人类赖以生存和发展的基础,气候变化是影响自然生态系统的最重要因素之一。

政府间气候变化专门委员会(IPCC)第5次评估报告指出,由于气候变化影响,预计21世纪许多地区树木的死亡率将上升,对碳存储、生物多样性和经济活动等方面将造成风险。因此,加强生态系统修复和保护,主动顺应气候规律,迫切需要气象在科学应对气候变化、统筹开发利用空中水资源、有效防御气象灾害、合理利用气候容量、着力改善气候环境等方面发挥重要的支撑作用。

气象工作将多维度服务
新型电力系统安全运行

由此可见,为服务新型电力系统建设及其安全稳定运行,增强自然生态系统固碳能力,气象工作能在以下方面发挥重要作用:

开展精细化风能、太阳能气候区划。在全国范围开展太阳能气候资源精细化评估,在地形复杂的中东部和海上开展100米高度以上的新一轮风能资源详查,从精细的时空分布、精准的资源特性、精确的变化规律等多个维度摸清我国风能、太阳能资源家底。同时,充分考虑生态保护红线和区域消纳因素,精算技术开发量,提出优先开发区,以精细化的风能、太阳能资源评估结果为基础,对新增新能源装机进行科学规划和布局。

发展精准化的风能、太阳能预报。针对大规模风电、太阳能发电并网运行和高比例可再生能源消纳需求,应建立和完善风能、太阳能资源预报业务体系,实现风能、太阳能预报实时检验全覆盖。其中,在电网端部署全国或区域性风能、太阳能气象预报服务产品,指导电力调度和消纳;在发电端部署针对风电场、太阳能电站所在位置的风能、太阳能预报产品,指导电力实时交易和电站运维。

推进新能源安全气象防灾减灾工作。在全国范围开展新能源开发利用气象灾害风险普查,发展风电、太阳能发电气象灾害预警技术,为新能源发电安全运行提供防灾减灾技术保障。同时,从科学技术、

社会效益、经济发展等多维度评估大规模风能、太阳能开发利用的气候环境生态效应,弄清楚大规模风能、太阳能开发利用对生态环境和经济社会可能带来的利弊影响。

健全二氧化碳等温室气体科学监测体系。应加强各部门现有温室气体观测站的数据共享和统筹;在已有温室气体大气本底站的基础上,科学布局并建设省市联动的温室气体监测网,尽快实现区域和城市尺度碳汇潜力监测;强化基于卫星的大气温室气体高精度定量遥感观测,加强相关处理技术研发,逐步建成天地一体化、业务化和长期高精度的温室气体科学监测网络。

提升生态修复型人工增雨(雪)服务水平。要构建高质量的人工影响天气作业技术体系,开发利用空中雨水资源,发挥人工增雨(雪)在水源涵养、水土保持、植被恢复、生物多样性保护、森林草原防火、水库增蓄水等方面的特殊作用,重点提升青藏高原生态屏障区、黄河重点生态区、长江重点生态区、东北森林带、北方防沙带、南方丘陵山地等重点生态功能区的常态化生态修复能力。(作者供职于中国气象局减灾司)

数字电网

新型电力系统要“不惧”强电磁脉冲威胁

■ 邱爱慈 蔡汉生 李俊娜

在新型电力系统构建中,电力电子器件将得到更大范围应用,电力装备之间、电力装备与系统之间的互动将进一步加强,电力装备智能化水平将进一步提升,设备一二次融合趋势将更加明显,电网调度运行对整个系统可观、可测和可控的要求更高,对二次设备、

传感器件、通讯系统和数字化装置等弱电系统的依赖性也更强。同时,发电设备分布将由集中式向分布式转变,点多面广,且直接暴露在外,缺少构筑物的有效保护……未来电力系统特点决定了其在面对外部强电磁脉冲冲击时的脆弱性远比传统电力系统严重,因此,有效应对强电磁脉冲威胁是新型电力系统构建及其安全稳定运行的重要内容。

高空电磁脉冲威胁最大

强电磁脉冲主要指电场强度大于1kV/m的瞬态电磁辐射,自然雷电放电、高功率微波及核武器爆炸都会产生各具特征的强电磁脉冲,其中以高空电磁脉冲(HEMP)威胁最大。HEMP幅值陡度高,瞬态电场幅值在10kV/m量级,上升沿为ns(纳秒)级,远超目前行业标准对相同频段范围内电气设备电磁兼容限值10V/m的要求;持续时间长,可达上百秒;能量分布频段宽,频率分布在0.01Hz-300MHz;影响半径大,达上千公里;空间衰减减小等。因此,传统浪涌保护器件对其防护作用有限。

HEMP兼具多种电磁环境特点,一个完整HEMP过程包含早期环境、中期环境和晚期环境三个连续阶段,三个阶段存在协同效应且顺序传递,每一个阶段都足以引起扰动,并使大量元器件功能失效和设备损坏。

在早期环境阶段,HEMP主要通过孔缝/线缆耦合、天线耦合、介质材料穿透等方式将电磁能量传递到电力电子器件、电子器件内部,造成设备损坏,引发系统故障或瘫痪。未来新型电力系统中的电源将以风电和光伏为主,早期环境阶段HEMP主要通过耦合方式对新型电力

系统中的风电整流系统、光伏逆变系统和电池储能系统产生损坏,同时对电网调度控制中心、枢纽变电站二次保护控制设备、智能配电网和配电网电力设备等造成不可逆转的损伤甚至烧毁。

在中期环境阶段,HEMP频谱与雷电电磁脉冲频谱范围类似,当风电和光伏经过HEMP早期环境阶段破坏后,即使峰值强度比雷电小很多的中期环境阶段,仍会对风电和光伏产生严重威胁。

在晚期环境阶段,HEMP作用机理与地磁暴类似,但电场强度比特大及以上等级的地磁暴大一个数量级,其主要是与长度100km量级的接地导体回路耦合,如高压输电线路,在电力系统内部产生高达1000A近似直流的地磁感应电流,频率在0.001-0.1Hz,威胁大型变压器、断路器及互感器等关键设备运行。以变压器为例,当变压器流过地磁感应电流时,将使电力系统中大量分布式风光发电并网用升压变压器发生直流偏磁,造成变压器局部过热、振动、噪声加剧,其机械性能及抗短路性能下降甚至故障,进一步引发更大的电网事故。

需进一步明确技术路线

电力系统作为国家关键基础设施,已成为HEMP冲击的重要目标。HEMP的早期阶段、中期阶段和晚期阶段均会对新型电力系统带来威胁,影响新型电力系统全域感知网络及可观、可测、可控等功能。同时,风电机组和光伏电站大量损坏将影响电力可靠供应。此外,HEMP对电网调度控制中心及电力系统中的关键基础设施设备造成损坏,最终将引发大面积停电事故。因此,要对HEMP机理和对电力系统的影响有足够的重

视。国外发达国家高度重视强电磁脉冲对电网等基础设施的影响,自20世纪60年代起就对HEMP的作用机理、装置、风险模拟评估等方面开展了大量研究。

相比之下,国内在该领域的认识及研究起步较晚,目前仍处于前期探索阶段。2013年初,西安交通大学研究团队开始关注基础设施电磁安全问题,先后在中国工程院重点、重大咨询项目的支持下,以电力系统为重点,研究关键基础设施面临的电磁脉冲威胁

和应对策略,提出将关键基础设施的电磁脉冲防御列入国家重点研发计划,分行业建设国家电磁脉冲防护研究中心等建议。此外,相关高校与研究机构也先后分别开展过高空强电磁脉冲敏感性和易损性初步研究工作。

近年来,随着非传统领域安全问题凸显,关键基础设施强电磁脉冲防御方面的研究工作也日益得到政府的高度重视,目前在行业内尚处达成共识阶段,需进一步明确技术路线,尽快开展具体研究工作。

安全防护研究可从设备、站级、系统层面依次开展

强电磁脉冲环境下的新型电力系统安全防护是一个系统性工程,需建立一支跨专业、多学科融合的研究队伍,并分阶段、分层开展相关工作:

第一阶段要聚焦设备层面,重点加强基础平台建设研究,构建强电磁脉冲环境模拟试验平台和二次设备过电压保护建模仿真平台,研究开发能有效应对强电磁脉冲威胁的过电压保护材料和保护器件,发展以效应特征为导向的电力设备试验和测试方法,研究损伤效应机理和耐受阈值,梳理易损关键设备及其损伤概率和风险等级;

第二阶段要聚焦站级层面,重点

开展变电站/换流站内强电磁脉冲传播路径、危害机理、风险评估与薄弱环节识别技术研究,优化强电磁脉冲作用下变电站/换流站二次系统浪涌保护方案,提出能有效应对强电磁脉冲威胁的新型电力系统变电站/换流站的设计规范、新型电力系统关键节点变电站的重点加固与恢复方案,完成示范变电站建设及现场试验验证;

第三阶段要聚焦系统层面,开展系统级数字仿真,强化保底电网规划建设,研究新型电力系统面对HEMP冲击的实时监测、在线风险评估、精细化预警技术原理,提升系统风险感知能力,建立HEMP下的新型电力系统

评价指标体系,指导新型电力系统规划及运行。

如前所述,积极推进新型电力系统应对强电磁脉冲威胁的防御体系建设,既是坚持底线思维、落实总体国家安全观的内在要求,也是提高我国新型电力系统可靠性、建设本质安全型电网的必然选择。在新型电力系统建设伊始,同步开展强电磁脉冲环境下的安全防护关键技术研究,适时且必要。

(邱爱慈系中国工程院院士、西安交通大学教授;蔡汉生系南方电网公司高级技术专家、南网科研院高电压技术研究所研究员;李俊娜系西安交通大学高级工程师)



乌东德水电外送广东广西特高压多端柔性直流输电工程。陈玉俊/摄