

电力设备智能化安全监测与管理策略

——评《大型电力变压器主动保护与安全运行》

电网规模扩大与设备老化并行,各种风险因素对电网安全管理工作形成了严峻的挑战。基于数智时代背景,全方位引入智能化手段监测电网设备安全,这本质是给设备上“神经末梢”,利用传感器与边缘计算实现对电网设备的温度、振动等参数的实时感知,把故障预判在萌芽状态,如此可大幅降低电网设备运维人力成本,从而构建主动防御体系,从根本上遏制电网设备重大事故。

面对电网核心设备变压器频发的爆燃事故,传统保护往往滞后。郑玉平团队基于国家自然科学基金研究的重大成果,在《大型电力变压器主动保护与安全运行》一书中系统阐述了大型电力变压器“三级防护体系”。该书不仅深刻剖析了大型电力变压器缺陷演化机制,更以光学声纹、特高频等前沿传感技术为“眼”,以多参量融合判别算法为“脑”,构建了大型电力变压器从早期预警、主动截杀到能量消减的全生命周期防御网。这一创新策略成功填补了大型电力变压器严重放电缺陷快速阻断的技术空白,将安全防线前移,提升电力设备运维质量与效率。

该书作者指出,智能监测是维持电力系统平稳安全运行的“眼睛”与“神经”,通过智能技术应用,可打破信息孤岛,实现从“事后补救”到“未卜先知”的转型。首先,智能感知层已彻底改变了数据采集的维度,目前已经不再需要依赖大量的人工进行抄表和检修等工作,而是利用智能技术构建“云-边-端”协同的立体感知网。针对电网上的每一处设备,每一处节点,都安装了高精度全覆盖的专业智能传感器,结合红外热成像、局部放电监测、油色谱分析等技术手段,全天候24h事实监控电流、电压、温度数据,并有效监控周边环境等因素,及时发现电网设备的安全隐患,且第一时间向安全工作人员发出预警。对于一些地广人稀的高压输电线路的检修,传统是采用人工方式在崇山峻岭间的艰难跋涉,效率低且危险,因此,无法保证检修频率,通过引入智能化设备和无人机,可实现低成本高效率的安全检修。其次,设计安全监测大模型,利用传感器获取数据驱动“智慧大脑”,寻找异常数据背后隐藏的安全隐患。如针对变压器的传感器获取绕组变形以及绝缘老化等数据,数据传输到“智慧大脑”之后可进行有效识别与诊断,并通知电力部门进行检修和更换设备。通过对设备状态的传感监测和智能分析,可延长设备使用寿命,提高设备利用效率,降低安全风险。与传统的定期检修相比,智能监测与检修方式显然效率更高。最后,借助建筑信息模型与三维实景仿真等技术进行可视化交互,管理者不再面对枯燥的数据报表,而是置身于一个与物理世界实时映射的数字孪生电网中,能及时发现存在的隐患并及时预警,无论是电缆沟积水报警,还是开关柜触头过热,都能在屏幕上以鲜明的色彩和精准的坐标实时弹窗,清晰指出需要核实确认的风险节点,以及可能发生的风险故障,并提供针对性的检修维修建议。

笔者认为,在智能化时代,安全管理不再是挂在墙上的制度,而是嵌入代码、融入流程的刚性约束,应将智能化技术融入到安全管理的每一个细节。①构建“人防+技防”的双重防线。技术再先进,人的因素仍是关键变量。智能化安全管理体系要求建立清晰的多级责任链条,将安全职责量化到每一个操作步骤。通过智能锁控、电子围栏等技术手段,强制规范操作流程,杜绝误操作的可能。系统会对每一次操作进行全程留痕与追溯,让责任界定不再模糊。更重要的是,通过虚拟现实技术安全演练与常态化的技能培训,将“要我安全”转化为“我要安全”的文化自觉。②闭环联动的风险管控机制。安全管理的核心在于“闭环”。当监测系统发出预警时,不仅仅是一个声音提示,而是自动触发一套标准作业程序,包括隔离故障点、调配抢修资源、生成应急预案。这种“监测-预警-处置-反馈”的自动化闭环,将事故消灭在萌芽状态。例如,在发现电气火灾隐患时,系统不仅能通过剩余电流互感器精准定位,还能自动切断非必要电源,并推送最优逃生路线,真正做到“防患于未然”。

综上所述,电力设备的智能化监测与安全管理,是技术逻辑与管理逻辑的深度耦合。监测为管理提供精准的“靶心”,管理为监测赋予执行的“准星”,两者合作为电网提供最坚实、最智慧的安全底座,为社会发展和民众福祉提供安全稳定的能源保障。

(韩瑞慧/国网黑龙江省电力有限公司电力科学研究院/助理工程师)



书名:大型电力变压器主动保护与安全运行

作者:郑玉平

出版社:中国电力出版社

ISBN:9787519895556

出版时间:2025年2月

定价:128元