

## 变压器智能安全保护策略 ——评《大型电力变压器主动保护与安全运行》

随着电网规模不断扩大、运行环境日益复杂,传统变压器保护策略已难以满足实际需求。变压器一旦出现故障,不仅会影响电力供应,还可能引发安全事故。基于此,探索变压器智能安全保护策略迫在眉睫,事关保障电力系统可靠运行、减少经济损失、维护社会生产生活正常秩序等方面。

《大型电力变压器主动保护与安全运行》开篇点明研究背景与意义,梳理变压器保护与安全运行技术的发展历程,提出主动保护与控制构想。接着深入剖析变压器缺陷和故障演化规律及状态参量特征,涵盖多种典型放电缺陷、绕组温度分布、动态形变等过程。在感知技术方面,书中详细介绍了压力、磁场、声纹等多种光学感知技术,以及油流速、单氢、温度等感知技术。书中阐述了变压器典型缺陷在线辨识方法,如油纸绝缘放电、热缺陷、绕组变形等辨识方法,以及基于多参量融合的缺陷溯源方法。同时探讨了大型变压器主动保护方法,以及变压器常规保护性能提升方法和动态安全裕度评估与主动调控方法。

变压器智能安全保护的首要在于构建多源数据融合的实时监测体系,其核心是通过多维度、多物理量的协同感知,突破传统单一电气量监测的局限性。该体系以物联网技术为骨架,在变压器关键节点部署光纤测温传感器、局部放电检测装置及油中溶解气体监测单元,形成覆盖热学、电学、化学特征的多维感知网络。光纤传感器凭借其抗电磁干扰特性,能够精准捕捉绕组热点温度;局部放电监测系统通过超高频检测法,可定位纳米级绝缘缺陷;油色谱分析单元则实时追踪特征气体浓度变化,为潜伏性故障提供化学指纹信息。在数据处理层面,采用边缘计算与云计算协同架构。边缘节点执行数据清洗与特征提取,通过小波包变换与经验模态分解抑制噪声干扰,提取故障特征向量。云端平台则运用深度置信网络建立多参数融合模型,通过迁移学习解决新设备小样本训练问题。特征融合算法采用证据理论处理不确定性,将温度异常、局部放电脉冲幅值、气体产气速率等多源证据进行合成,生成综合故障置信度指标。动态预警机制的设计突破固定阈值逻辑,引入模糊逻辑推理系统。系统根据实时负载率、环境温度等工况参数,动态调整预警阈值区间。例如,当环境温度升高时,自动扩大绕组温度预警带宽;在重载运行工况下,则收紧局部放电脉冲数的判定标准。

数字孪生技术为变压器保护提供了虚实映射的新型范式,其核心是通过高精度虚拟模型实现物理设备的全生命周期健康管控。在几何模型构建阶段,采用BIM技术还原设备三维结构,集成电磁场、热场、流体场的多物理场耦合仿真。参数辨识算法将实际运行数据(如空载损耗、短路阻抗)注入虚拟模型,形成动态校准机制。当变压器负载率变化时,模型自动调整绕组涡流损耗计算参数,使热点温度预测误差控制在工程允许范围内。多时间尺度状态评估体系包含短期预测与中长期推演两个维度。短期评估采用神经网络,输入历史负荷曲线与实时油色谱数据,预测未来24h绝缘老化速率;中长期评估则结合机械振动特征频域分析与油中糠醛含量趋势,建立剩余寿命预测模型。状态量权重分配采用熵权法,动态调整温度、振动、气体含量等参数的评估权重,确保不同老化阶段的关键指标得到针对性监测。闭环健康干预机制实现了从被动检修到主动预防的转型。当虚拟模型预测到绕组变形风险时,系统自动生成分接头调整方案;检测到油质劣化趋势时,优化滤油维护周期。

总之,变压器智能安全保护是电力系统稳定运行的坚实屏障。多源数据融合实时监测、数字孪生虚实映射等创新策略,为变压器保护带来全新的思路与方法。未来,随着技术持续进步,变压器保护将更精准、高效,为电力供应提供更可靠保障,助力社会生产生活平稳有序,推动电力行业迈向高质量发展新高度。

(许波副教授/兰州石化职业技术大学电子电气工程学院)



书名:大型电力变压器主动保护与安全运行

作者:郑玉平,等

出版社:中国电力出版社

ISBN:9787519895556

出版时间:2024年12月

定价:128元