

融合分布鲁棒优化与 Transformer 深度学习的电力系统安全全域表征方法

陈悦锴, 包哲静, 于淼

浙江大学电气工程学院, 中国杭州市, 310027

摘要: 可再生能源与负荷的不确定性给电力系统安全运行带来严峻挑战, 亟需表征高维安全域的高效方法。为克服现有方法中存在的维数灾难、对不确定性考虑不足或者过度保守等问题, 提出一种融合分布鲁棒优化与深度学习的安全域表征方法。首先, 为在合理考虑不确定性的同时避免过强保守性, 构建了一种基于分布鲁棒优化的主动搜索策略, 用于识别关键边界点; 其中, 联合了基于扩散模型生成的可再生能源场景以及围绕典型负荷曲线构造的负荷偏差样本, 共同建立鲁棒概率模糊集。随后, 设计了基于Transformer的模型, 利用这些边界点学习并重构完整的高维安全域。该模型的自注意力机制能够捕捉各维度之间的全局非线性依赖关系, 从而实现对安全域边界的高精度、高效率拟合。在IEEE测试系统上的仿真结果表明, 所提方法能够以较低计算成本准确表征高维安全域, 并获得对源—荷不确定性具有较强鲁棒性的安全域。本文为高不确定性背景下的电力系统安全评估与决策支持提供了一种新的研究范式。

关键词: 安全域; 分布鲁棒优化; 深度学习; Transformer模型; 数据驱动
<https://doi.org/10.1631/ENG.ITEE.2026.0024>