

Reliability Evaluation and Identification of Weak Points Based on Voltage Stability

Kai Sun Ze Wang Jie Gao

State Grid Ningxia Electric Power Co., Ltd. Yinchuan Power Supply Company, Yinchuan, Ningxia, 750004, China

Abstract

With the rapid development of science and technology, the power system as an important cornerstone of modern civilization, its stability and reliability is increasingly widely concerned. Voltage stability as one of the key indicators of power system operation, directly related to the reliability of power system and power supply quality in this paper will from the power system voltage stability reliability evaluation method and weakness identification method, combined with certain cases, and put forward a series of voltage stability reliability improvement measures, and certain outlook for the future, aims to provide new ideas for the high quality development of power system development.

Keywords

power system; reliability evaluation; weakness identification

基于电压稳定的电力系统可靠性评估及薄弱点识别

孙凯 王泽 高婕

国网宁夏电力有限公司银川供电公司, 中国·宁夏 银川 750004

摘要

随着科技的飞速发展, 电力系统作为现代文明的重要基石, 其稳定性和可靠性日益受到广泛关注。电压稳定性作为电力系统运行的关键指标之一, 直接关系到电力系统的可靠性和供电质量。本文将从电力系统电压稳定可靠性评估方法与薄弱点识别方法展开, 结合一定案例, 并提出一系列电压稳定可靠性提升措施, 并对未来进行一定展望, 旨在为电力系统的高质量发展提供新思路。

关键词

电力系统; 可靠性评估; 薄弱点识别

1 引言

电力系统的稳定性是保障供电质量、维护电网安全运行的关键因素。电压稳定性作为电力系统稳定性的重要组成部分, 其稳定性直接影响到电力系统的正常运行。电压异常可能导致设备损坏、供电中断, 甚至引发系统级联故障, 给社会经济发展和人民生活带来严重影响。因此, 研究电力系统电压稳定具有重要意义。可靠性评估是电力系统运行与管理的重要组成部分, 通过对电力系统的可靠性进行评估, 可以为电网运行、规划、设计和改进提供科学依据。在电力系统运行过程中, 可靠性评估有助于发现潜在的故障风险, 提前采取预防措施, 降低故障发生的概率, 保障电力系统的安全、稳定运行。

2 电压稳定与电力系统可靠性评估理论

电压稳定是电力系统运行中的重要性能指标, 它反映了系统在受到负荷扰动时, 电压能维持在其允许范围内波动的能力。电压稳定问题本质上是一个非线性、多变量、强耦合的问题, 涉及电力系统的发电机、变压器、线路、负荷等多个环节。当系统电压稳定性较差时, 可能导致电压崩溃, 进而引发系统事故, 对供电可靠性产生严重影响。

电力系统可靠性评估是对系统在规定时间内正常运行的能力进行评估。目前, 常用的可靠性评估方法包括解析法、模拟法和人工智能法。解析法通过建立数学模型, 对系统可靠性进行定量分析; 模拟法通过对系统运行过程进行模拟, 得到可靠性指标; 人工智能法则利用神经网络、遗传算法等智能算法进行可靠性评估。

电力系统的信赖度与电压的稳态特性是密不可分的。当电压稳定性不佳时, 可能引发一系列问题, 如系统设备的超负荷运转, 甚至出现电压骤降, 进而使整个系统的可信度减弱。反之, 系统的信赖度高, 也会反作用于电压的稳定。

【作者简介】孙凯(1998-), 男, 中国宁夏银川人, 本科, 助理工程师, 从事输电运行研究。

在实际操作中,我们必须深刻认识到电压稳态与信赖度之间的内在联系,为提高二者的协同作战效能,采取针对性措施。

对电压稳定的基本概念和电力系统信赖度的考核手段进行深入分析,对电压稳定与信赖度之间的关联性进行细致的考察,可以为后续的电压稳定信赖度考核和薄弱环节的识别打下扎实的理论基础。在此基础上,论文将进一步探讨旨在为提升中国电力系统运行信赖度提供有力技术支撑的基于电压稳态特性的电力系统信赖度评估方法及其薄弱环节的识别策略,我们期望通过这一系列的讨论和分析,为稳定运行的电力系统添砖加瓦。

3 电力系统电压稳定可靠性评估方法

3.1 基于解析法的电压稳定可靠性评估

解析法主要通过解析分析系统运行参数,建立电压稳定极限的数学模型,从而对电力系统的电压稳定可靠性进行评价,是电力系统电压稳定可靠性评价的一种传统方法。具体来说,解析法一般是结合电压稳定判据,评估系统的稳定性,采用潮流计算、短路计算和暂态稳定计算等方法。这种方法运算速度高,物理意义明确,但在处理复杂的系统和非线性问题时,精确度和适用性都有欠缺。

3.2 基于模拟法的电压稳定可靠性评估

模拟法则相对于解析法的应用,采用了通过大规模随机模拟试验,对电力系统电压稳定可靠性进行深入分析这一更为直观和具有统计学意义的方法。在这套方法体系中,蒙特卡洛模拟器和拉丁超立方抽样器等等都占据了相当重要的位置。它们可以显著提高电压稳定可靠性评估的精确度,例如负荷的随机波动、设备的潜在故障以及其他复杂因素,从而准确捕捉到系统内部的不确定性。但值得注意的是,尽管模拟法在精确度上有所建树,但其背后所需要的运算资源却相当可观,而且运算量比较大,这对其普及和推广到实际应用中,无疑是不小的挑战。

3.3 基于人工智能的电压稳定可靠性评估

随着人工智能技术的不断进步,其应用于电力系统电压稳定与可靠性的评价越来越普遍。基于人工智能的技术手段主要覆盖几种:神经网络、支持向量机以及模糊逻辑。此方法具有自我学习、自我适应以及优异的非线性拟合功能,可以处理复杂和非线性在电压稳定性方面的问题。除此之外,借助专家的实践经验,人工智能技术还可以进一步提高电压稳定性和可靠性评价的准确性。但是,该方法有其固有的局限性,例如如何选择训练样本、如何提升模型的泛化能力。

4 薄弱点识别方法

4.1 基于敏感度的薄弱点识别方法

敏感度分析是电力系统电压稳定分析中的一种重要方法,其核心思想是通过计算系统中各个元件对电压稳定的敏感程度,从而识别出对系统电压稳定影响较大的关键节点或

元件。基于敏感度的薄弱点识别方法主要包括以下步骤:首先,构建电力系统的数学模型,包括潮流计算和电压稳定指标;其次,利用灵敏度公式计算各元件的电压稳定敏感度;最后,根据设定的阈值判断元件是否为薄弱点。这种方法具有较高的计算效率和准确性,有助于快速定位系统中的关键薄弱环节。

4.2 基于聚类分析的薄弱点识别方法

聚类分析是一种无监督的学习策略,依赖于数据挖掘技术,旨在将相似的数据点归入同一类。在进行电力系统电压稳定性分析时,通过对系统内各节点的电压稳定性指标进行分类,从而识别出具有类似稳定性特征的节点集合,是一种基于聚类分析的薄弱点检测方法。此法主要涵盖以下步骤:首先,选择电压稳定性的适宜指标作为分类特点;其次,我们用聚类的算法,把各个结点归类起来;最后,深入分析各电压的稳定性,对其弱点进行了成功鉴定。采用聚类分析为基础的技术,对系统中可能存在的弱点进行识别,从而为稳定控制电压提供科学依据。

4.3 基于优化算法的薄弱点识别方法

优化算法主要通过寻找最优或近似最优的解决方案来识别系统中的弱点,从而在电力系统电压稳定分析中得到应用。基于优化算法的薄弱点识别方法包括以下步骤:首先,将某一电压稳定指标作为目标函数,最大化或最小化,建立一个优化模型进行电压稳定评估;其次,采用最优化的算法求解模型,如遗传算法、粒子群算法等,求解最优;最后,针对系统中的薄弱点,根据最优解法进行辨识。这种方法具有很强的全局搜索能力,可以对复杂系统中的薄弱环节进行有效的识别,并提供指导,使电压稳定得到改善。但由于优化算法具有更高的计算复杂度和更大的计算资源需求,因此计算效率和精确度需要在实际应用中进行权衡。

5 案例分析

为了验证所提方法的有效性,本研究选取了中国某地级市电力系统作为研究对象。该系统包括多个发电厂、变电站、配电网以及各类用户,具有一定的代表性。通过对该系统进行电压稳定性分析、可靠性评估和薄弱点识别,旨在为电力系统运行与管理提供理论依据。

根据研究对象的特点,收集了系统各元件的拓扑结构、设备参数和运行数据,构建了电力系统的详细模型。从电力系统调度中心获取了研究时段内的负荷数据,包括有功负荷和无功负荷,为电压稳定性分析提供了基础。收集了系统中各设备的参数,如发电机、变压器、线路等,以确保分析结果的准确性。基于所构建的电力系统模型,利用电压稳定性指标对系统在不同负荷水平下的电压稳定性进行了分析,揭示了系统电压稳定的潜在风险。采用基于电压稳定的可靠性评估模型,对电力系统进行了可靠性评估。通过计算系统可靠性指标,如失负荷概率、停电持续时间等,评估了系统的

可靠性水平。根据薄弱点的定义与分类,采用所提出的薄弱点识别指标和算法,对电力系统进行了薄弱点识别。结果表明,该方法能够准确识别出系统的薄弱环节,为运行维护提供指导。

通过对电压稳定性分析、可靠性评估和薄弱点识别的结果进行综合分析,发现以下规律和问题:系统在高峰负荷时段电压稳定性较差,存在电压崩溃的风险。系统可靠性水平总体较好,但在部分区域和时段存在一定的不足。薄弱点主要分布在变电站、线路和发电厂等关键环节,需要采取针对性的措施进行改进。

6 电压稳定可靠性提升措施

6.1 优化电网结构

电网的稳定性在很大程度上取决于其设计和布局的合理性。包括扩建输电线路、提高变压器容量、优化导电线布局以及采用具有高阻抗特性的电缆等,提高电力系统的效率是可以采取的多种措施。这些措施都有助于减少电流的流动,缓解电压降低的问题,使整体的系统电压稳定性得到加强。另外,电容器、电感器等无功功率调节设备的合理安装也是电网结构改善的重要方面。这类装置对电网的无功功率有快速的反应和调节作用,对保持电压的稳定性有一定的帮助。

6.2 调整发电机出力

调整发电机的输出是保证供电稳定性的关键方法。通过对发电机组输出的精确调配,在整个电力系统运行过程中,能够有效控制并在安全范围内保持电压的稳定。加强电压稳定性可采取几种有效方法:一是对影响发电机无功功率输出的发电机组励磁系统进行调整;二是对多台发电机进行无功电分配,采用下垂控制技术进行管理;最终,增强发电机的动态响应性能,从而提高整个电力系统的电压稳定性,通过使用电力系统稳定器(PSS)这样的辅助装置。

6.3 控制负荷侧电压水平

负荷侧电压控制是电力系统电压稳定性的重要环节。为了提高电压稳定性,可以采取以下措施:对关键负荷进行无功补偿,降低负荷对系统电压的影响;采用动态电压调节器(DVR)等设备,对敏感负荷进行电压补偿,提高负荷侧电压质量;实施需求侧管理(DSM),引导用户在高峰时段降低负荷,减轻系统电压压力。通过这些措施,可以有效降低负荷侧电压波动,提高电力系统电压稳定性。

7 基于电压稳定的电力系统可靠性评估及薄弱点识别的未来展望

7.1 发展趋势

随着大数据技术的飞速发展,其在电力系统可靠性评

估中的应用日益广泛。通过采集、整合和分析海量的实时数据,大数据技术有助于更准确地捕捉电力系统的运行状态,从而为电压稳定性评估提供有力支持。此外,大数据技术还可以实现跨区域、跨时间尺度的高效数据挖掘,为电力系统的可靠性评估提供更为全面的信息。

智能算法在薄弱点识别中的优化也日益受到关注。近年来,随着人工智能技术的不断发展,如神经网络、遗传算法等智能算法在电力系统薄弱点识别领域取得了显著成果。这些算法具有较强的自学习和自适应能力,能够有效提高薄弱点识别的准确性和效率。未来,通过对智能算法的进一步优化和改进,有望实现更加精确、实时的薄弱点识别。

7.2 技术挑战与解决方案

开发可用于多种情况下可靠评价的工具随着电力系统环境的变化而日益复杂,变得尤为重要。面对这种挑战,研究者有多种应对之策。首先可以开发覆盖多种时空尺度以及地理尺度的测评模型,对保证不同条件下电力系统的电压稳定是有帮助的;其次可以运用自适应能力、有效监控和预测电力系统性能的机器学习技术。在多种环境下,采取这些措施来增强电力系统的性能及可靠性。

探索精准的弱点检测技术非常重要。当前的技术在识别正确率和效率方面还存在不足,未来在这一领域的发展可以集中在几个关键点:一是优化算法结构,以提升检测精确度;二是应用多线程技术,以提高处理速度;三是整合不同来源的数据,实现从多个视角和层面对弱点的更全面识别。

8 结语

从理论分析、评价方法、薄弱点识别、提升措施等方面深入研究了以电压稳定为基础的电力系统可靠性评价和薄弱点识别问题。首先阐述了电压稳定在电力系统运行中的重要性,以及可靠性评估在电力系统运行中的应用和薄弱点识别的意义,并对电压稳定在电力系统运行中的重要性进行了深入的阐述其次,对电压稳定与电力系统可靠性考核理论进行了详细的介绍,内容包括基本的电压稳定概念,电力系统可靠性考核方法,以及电压稳定与可靠性的关联性分析等。

参考文献

- [1] 任惠,王希,田磊,等.计及源荷不确定性的电力系统静态电压稳定极限预警方法研究[J].太阳能学报,2024,45(10):249-258.
- [2] 李汐,高阳,马斌,等.基于PEF-PinSVM的含可再生能源并网电力系统电压暂态稳定裕度评估[J].太阳能学报,2024,45(8):240-248.
- [3] 高洁,王彤,赵伟,等.提升电力系统安全稳定水平的风电光伏电站主动支撑技术发展及展望综述[J].新型电力系统,2024,2(2):201-222.