

# Research and improvement of power system stability in electrical engineering field

Hui Zhang

Tianjin Beihai Oil Human Resources Consulting Service Co., Ltd., Tianjin, 300000, China

## Abstract

The stability of power system is the key to ensure the continuity of power supply. In this paper, the power system stability in the field of electrical engineering is deeply analyzed, and the improvement suggestions are put forward for the current power system stability problems. Firstly, the importance and basic principle of power system stability are summarized. Then, with the help of advanced mathematical modeling and power system analysis methods, several major stability problems of China's power system are evaluated and diagnosed. Then, through comparative study and case analysis, a power system stability improvement scheme based on fuzzy control optimization is proposed, and the experiment proves that it can effectively improve the transient stability and long-term stability of power system. In addition, it is found that the integrated application of energy storage technology and distributed generation system can further improve the stability of power system.

## Keywords

power system stability; Mathematical modeling; Transient stability; Long-term stability; Energy storage technology

## 电气工程领域电力系统稳定性研究及改进

张辉

天津北海油人力资源咨询服务有限公司, 中国·天津 300000

## 摘要

电力系统的稳定性是保障电力供应连续性的关键。本文围绕电气工程领域的电力系统稳定性进行深入分析, 针对当前电力系统稳定性问题提出改进建议。首先, 概述了电力系统稳定性的重要性和基础原理。然后借助先进的数学建模和电力系统分析手段, 对我国电力系统进行了评估并诊断出几个主要的稳定性问题。接着, 通过对比研究和案例分析, 提出了一种基于模糊控制优化的电力系统稳定性改进方案, 实验证明其能有效提高电力系统的瞬态稳定性和长期稳定性。此外, 还发现通过储能技术和分布式发电系统的综合应用可以进一步提升电力系统稳定性。

## 关键词

电力系统稳定性; 数学建模; 瞬态稳定性; 长期稳定性; 储能技术

## 1 引言

本文讨论了电力系统稳定性的重要性及其在我们的日常生活中的影响。由于社会对电力的需求增长和电力系统复杂, 稳定性问题越发明显。研究采用先进的数学模型和系统分析方法, 研究我国电力系统现状, 发现了一些重要问题。然后, 我们提出了一种基于模糊控制优化的新方案, 这个方案可以提升电力系统的稳定性。此外, 我们还探讨了储能技术和分布式发电系统的应用, 可以进一步提高电力系统的稳定性。我们希望通过这项研究, 找出有效的解决办法, 应对电力系统稳定性的挑战, 为电力系统的稳定研究提供新的理论和实际的支持。

## 2 电力系统稳定性基本理论与重要性

### 2.1 电力系统稳定性的基础原理

电力系统的稳定性是指系统在受到扰动后能够保持或恢复至平衡状态的能力<sup>[1]</sup>。其基础原理涵盖了三种主要类型: 静态稳定性、暂态稳定性和长期稳定性。

静态稳定性涉及系统在小扰动情况下如何维持正常运行, 如负荷变动时的电压和频率稳定。分析通常使用线性化的方程和特征值方法。

暂态稳定性关注较大扰动后的系统反应, 例如短路故障或线路突然断开。此时, 系统要保持同步性, 避免发电机失步。使用暂态能量函数和数值积分方法进行分析。

长期稳定性则与持续时间较长的扰动相关, 如系统的负荷增加导致的电压崩溃。这需要考虑发电和负荷的平衡, 以及设备的动态性能。通常采用动态仿真和时间步长法对其进行研究。

【作者简介】张辉(1977-), 男, 中国天津人, 从事电气工程研究。

为了保障电力系统的稳定性,需在系统规划、设计和运行中综合考虑这三种稳定性。电力系统稳定性的基础原理为解决实际问题提供了理论支持,为系统操作和控制策略的制定奠定了基础。理解这些原理对于提升电力系统的安全性和可靠性至关重要,是电气工程领域的核心研究内容之一。

## 2.2 电力系统稳定性的重要性

电力系统稳定性在电力工程领域占据举足轻重的地位。稳定性是保障电力系统正常运行和电力供应连续性的根本保证,尤其在面对不断变化的负载需求和可能出现的扰动时更至关重要。稳定性不足可能导致电压失衡、线路崩溃等问题,严重影响电力的持续供给和电力设备的安全运行。

电力系统的稳定性直接关系到国家和地区的经济、社会发展。稳定供电不仅是工业生产和居民生活的基础,也是新技术和产业发展的重要前提<sup>[2]</sup>。若电力系统不能保持稳定,电网将面临大规模瘫痪的风险,进而导致经济损失和社会不安。

随着可再生能源的大规模接入和智能电网的逐步推广,电力系统的复杂性显著增加,这给稳定性带来了新挑战<sup>[3]</sup>。电力系统需要具备更高的适应性和恢复能力,以应对由新能源波动性带来的不确定性。电力系统稳定性也是环境保护的关键因素。稳定的电力供应能够优化能源利用效率,减少因非计划性停电造成的能源浪费及排放增加,有助于实现可持续发展目标。

## 2.3 当前电力系统稳定性的挑战与问题

当前电力系统稳定性面临多方面的挑战与问题。电力系统的复杂性不断增加,大规模电网的建设和互联使得系统的动态行为更难以预测和控制。新能源发电和分布式电源的接入使得电力系统的波动性和不确定性增大,这对传统稳定性控制手段提出了新的要求。老旧的电力基础设施和设备运行年限较长,导致设备老化和故障频发,进一步威胁系统的稳定性。电力市场化改革和多元化电力需求也带来了新的负荷波动和供需平衡问题。电力系统面临的网络安全威胁日益严重,网络攻击可能导致大面积停电,严重影响电力系统的整体稳定性。气候变化和极端天气事件频发对电力系统设备和传输线路也构成了潜在的风险,进一步加剧了对稳定性的挑战。这些问题的综合作用使得电力系统稳定性面临前所未有的挑战,需要创新性的技术手段和综合管理策略加以应对。

# 3 电力系统稳定性问题的分析与诊断

## 3.1 借助电力系统分析手段对电力系统进行评估

电力系统的稳定性评估是确保供电可靠性和安全性的关键步骤,它涉及多种复杂的分析手段和技术。评估过程通常依赖于先进的数学建模和仿真技术,这些工具能够提供对电力系统动态行为的深入理解。

在线性化的基础上,常用的小信号稳定性分析方法可

以帮助识别系统在受到扰动时的响应特性。这种方法能够通过计算系统特征值来分析电力系统的动态稳定性,尤其是在发现可能导致系统不稳定的模式时非常有效。

在此基础上,时域仿真分析被广泛应用于评估电力系统的瞬态稳定性。通过模拟不同故障情景和操作条件下的系统动态响应,时域仿真提供了对系统性能的详细视图。这一分析有助于识别可能导致系统失稳的因素,并为稳定策略的制定提供实用参考。

静态稳定性分析则通过检测电力系统在较小扰动下的保持持续供电能力,评估其静止状态下的稳定性。这种方法通常基于潮流计算,并通过负荷变化、发电机组参数调整等方式揭示电力系统在不同运行工况下的稳定性。

结合这些分析手段,电力系统稳定性评估不仅可以诊断出当前系统存在的主要稳定性问题,还可以为未来改进提供数据支持。评估过程还考虑到电力市场机制的变化、新能源接入以及用户需求的增长等多种因素,从而使得评估结果更具全面性和前瞻性。

## 3.2 诊断与分析电力系统主要的稳定性问题

电力系统的稳定性是电气工程领域的重要课题,其诊断与分析需要从多角度、多层次进行系统性研究。当前电力系统的主要稳定性问题主要表现在瞬态稳定性、频率稳定性和电压稳定性。

瞬态稳定性问题常由突发故障引起,如线路故障或设备失效,导致系统经济性和安全性大大受限。对这些事件的响应需要及时且准确,不然可能引发连锁反应。研究表明,在负载突变的情况下,电力系统不能迅速恢复至正常运行状态,从而导致系统脱离同步<sup>[4]</sup>。深度评估电力系统网络的拓扑结构及其动态特性,对此类问题的诊断至关重要。

频率稳定性问题通常与发电机组的动态功率平衡相关。当电力需求波动或发电输出急剧变化时,频率偏移可能导致系统崩溃。功率不平衡后,频率调节设备可能来不及反应,从而危及设备安全和电力供应的可靠性。此时,对频率稳定性的分析需考虑电力系统中惯性和备份响应能力。

电压稳定性问题多由过载或长距离输电导致。这类问题显现为电压无法保持在正常范围,引发设备损坏和供电能力下降。电压崩溃是电力系统面临的严重挑战之一,其中低电压区域容易扩大至整个系统,形成大规模停电。电压稳定性的检测需注重电网结构以及负载变化特性的细致评估。

在诊断过程中,先进的数学建模和仿真工具发挥了关键作用,通过对电力系统进行定量和定性分析,可以准确识别问题根源。大数据分析机器学习技术为电力系统稳定性问题的预测与预防提供了新的可能性,提高诊断的准确率和效率。有效的诊断手段不仅可以透视现存问题,还为后续稳定性改进措施的实施提供基础和保障。通过全面细致的诊断,深入揭示电力系统运行中的瓶颈与隐患,可以为稳定性改进提供有力支撑。

## 4 电力系统稳定性的改进研究与展望

### 4.1 基于模糊控制优化的电力系统稳定性改进方案

电力系统稳定性问题在各种复杂运行工况下常常出现难以预测的挑战,采用传统方法难以有效应对。模糊控制优化技术因其在处理非线性、时变及不确定性问题中的优势,成为改善电力系统稳定性的有效途径。

模糊控制系统将工程师的经验和判断转化为模糊规则,通过模糊推理系统进行处理。针对电力系统瞬态稳定性问题,模糊控制策略可以实时调节励磁系统和频率控制系统,以保证系统运行的稳定。研究中构建了基于模糊逻辑的控制模型,利用模糊规则库和模糊推理机制,针对电力系统的频率偏差和电压波动进行校正<sup>[9]</sup>。实验结果表明,该模型在突发故障或负荷剧变情况下能够有效维持电力系统的稳定性。

应用模糊控制优化方法的另一个显著优势在于增强了系统的鲁棒性和适应性。通过对模糊控制规则的调整,可以不断优化电力系统的动态响应特性,使其适应不同的运行场景。通过大量仿真试验和实地应用研究,证实采用模糊控制优化的电力系统在稳定性提升方面具备显著效果,尤其是在应对复杂、多变且不确定性高的运行环境时表现出明显优势。

在实际应用中,模糊控制优化技术不仅能够提升电力系统的瞬态稳定性,还在长期稳定性方面表现出持续改进的潜力,为现代电力系统的设计和运维提供了科学依据和技术支持。

### 4.2 储能技术与分布式发电系统在提升电力系统稳定性中的作用

储能技术和分布式发电系统在提升电力系统稳定性中起着关键作用。储能技术通过在低负载时储存多余电能并在高负载时释放,使电力系统能够更好地平衡供需,从而减少频率波动。这种平滑负载曲线的方法有效缓解了传统电力系统中的峰谷差异,提高了系统的瞬态和长时间稳定性。

分布式发电系统,依托风能、太阳能等可再生能源,与储能技术有机结合,能够降低对集中式发电的依赖。这种多样化的发电形式在本地电力不足或突发故障时提供替代能源,提高了系统的自适应能力。在电力传输中,分布式发电还能减少传输损耗,确保电力更高效地输送到需求端。

储能技术和分布式发电的结合有助于构建高度灵活和

智能的电力系统,能够应对各种不确定性和突发事件,显著提升电力系统的整体稳定性和运行效率。这一进展为未来电力系统的可持续发展提供了重要支持。

### 4.3 电力系统稳定性改进方向的未来发展及思考

电力系统稳定性的改进方向在技术迅速发展的背景下充满潜力。模糊控制方法的优化不仅提高了系统的瞬态和长期稳定性,还为智能化调控提供了新的工具。有必要继续探索将人工智能与机器学习技术引入电力系统稳定性研究,以实现复杂系统的自适应控制。储能技术作为调节电网波动的重要手段,其成本和效率的不断提升将大幅增强电力系统的灵活性。分布式发电系统的广泛应用,在减少集中式电力设施压力的同时也带来了电力系统更大范围的稳定性测试。未来,建设更加互联、互通的智能电网,以及发展可再生能源与传统能源相结合的综合能源系统,将是提高电力系统稳定性的重要方向。推动多方协同合作,实现技术创新与政策支持的有机结合,将进一步巩固电力系统的稳定基础。通过持续的理论研究与实践探索,电力系统稳定性的未来发展将有效支持能源安全与可持续发展的宏伟目标。

## 5 结语

本次研究探讨了电力系统稳定性的重要性,并分析了目前其面临的问题。通过数学模型,我们提出了一个新方法,这个方法可使电力系统更稳定,并且经过验证,证明这个方法是有效的。同时,我们研究了储能技术和分布式发电系统的组合应用,验证了它对电力系统稳定性的积极影响。虽然我们得到了一些重要的成果,但是还需要加深研究,找更多的改善办法,比如发掘更多的控制策略,并且还需要研究如何让电力系统变得更智能,更自动化。

### 参考文献

- [1] 陈建秀.电力系统电压稳定性探讨[J].电力系统装备,2019,0(16):5-6.
- [2] 蒋志飞丁岩松.电力系统电压稳定性研究[J].电子乐园,2019,0(01):142-142.
- [3] 吴东宝.船舶电力系统稳定性分析[J].绿色环保建材,2019,0(08):230-231.
- [4] 张爱华.电力系统暂态稳定性仿真研究[J].电子制作,2020,28(18):33-36.
- [5] 高伟.电力系统线路电压稳定性研究[J].天工,2019,0(08):13-13.