

电气自动化技术在电力系统稳定性 提升中的实践与探索

徐健

丽水市杭丽热电有限公司

DOI: 10.12238/ems.v6i7.8152

[摘要] 电力系统作为国民经济发展的基础设施,其稳定性直接关系到社会生产和人民生活的正常运转。然而,随着电网规模的不断扩大、负荷的日益复杂以及新能源电源的大规模接入,电力系统的稳定性面临着前所未有的挑战。电气自动化技术的应用为解决这一问题提供了有效途径。本文拟通过分析电气自动化技术在电力系统稳定性提升中的具体实践与探索,阐述其重要性,为进一步推动电网智能化发展提供参考。**[关键词]** 电气; 电力系统; 自动化技术

Practice and Exploration of Electrical Automation Technology in Improving Power System Stability

Xu Jian

Lishui Hangli Thermal Power Co., Ltd

[Abstract] As the infrastructure for the development of the national economy, the stability of the power system is directly related to the normal operation of social production and people's lives. However, with the continuous expansion of the power grid scale, the increasing complexity of loads, and the large-scale integration of new energy sources, the stability of the power system is facing unprecedented challenges. The application of electrical automation technology provides an effective way to solve this problem. This article intends to analyze the specific practices and explorations of electrical automation technology in improving the stability of power systems, and explain its importance, providing reference for further promoting the development of intelligent power grids.

[Keywords] electrical; Power system; Automation technology

前言

电力系统稳定性是电网运行的核心指标之一,涉及电网安全性、可靠性以及经济性等多个方面。随着电力系统规模的不断扩大,负荷的日益复杂多样,以及新能源电源的大规模接入,电网稳定性面临着前所未有的挑战。在这种情况下,电气自动化技术的应用就显得尤为重要。电气自动化技术可以提高电力系统的实时监控和快速响应能力。通过先进的测控设备和信息技术,电网运行状态可以实时掌握,异常情况可以迅速发现并采取有效措施加以应对,从而大大提高了电网抗干扰和自愈能力,增强了整体稳定性。智能控制算法可以根据电网实时状态动态调整发电、输电和负荷的协调配合,提高电能质量,降低系统损耗,从而在保证系统安全

稳定的前提下,提高电网运行的经济性和效率。通过先进的并网控制技术,可以有效解决风电、光伏等间歇性电源接入对电网稳定性的冲击,确保电网安全平稳运行。同时,分布式电源协同控制技术的应用,也能为微电网提供更好的自动化运行保障。

1. 背景技术及发展现状

随着电网规模的不断扩大、负荷的复杂化以及新能源电源接入量的增加,电力系统面临着前所未有的稳定性挑战。电气自动化技术的应用,为解决这一问题提供了有效途径。电气自动化技术的基础是先进的测控设备和信息技术。通过广泛部署的高精度测量装置,电网运行状态可以实时精准掌握;而高速通信网络的数据传输和集中控制,则使电网

调度中心能够快速感知异常情况, 迅速采取补救措施。这些关键技术为电力系统实时监控和快速响应奠定了坚实的技术基础。电气自动化技术融合了智能控制理论和算法。基于电网实时状态的动态优化控制策略, 可以实现发电、输电和负荷的协调配合, 提高电能质量, 降低系统损耗, 从而在保证系统安全稳定的前提下, 提高电网运行的经济性和效率。此外, 先进的并网控制技术, 还能有效解决间歇性新能源电源接入对电网稳定性的冲击。随着分布式电源的快速发展, 微电网作为新型电力系统形式越来越受重视。通过自动化技术实现对微电网内部发电、储能、负荷的智能协调, 不仅能确保微电网的安全稳定运行, 还能提升微电网在主网中的支撑作用。

近年来, 随着电力系统智能化建设的深入推进, 电气自动化技术在电力系统稳定性提升中的应用日趋广泛。在实时监控和快速响应方面, 先进的广域测量技术、事故预警系统以及自动化调度控制系统正在电网中不断落地应用, 大幅提升了电网抗干扰和自愈能力。在优化运行控制策略方面, 基于大数据分析和人工智能技术的智能决策支持系统正在逐步应用, 能够实现电网运行状态的智能诊断和优化调控。在促进可再生能源并网方面, 灵活的电力电子技术和协调控制算法正在推动风电、光伏等间歇性电源的高占比并网, 有效缓解了其对电网稳定性的影响。此外, 分布式电源协同控制技术的进步, 也为微电网的安全稳定运行提供了有力支撑。

2. 先进测控技术与电网实时监控

2.1 先进测控技术的发展与应用

同时, 各种先进的测量与控制技术在电力系统中得到广泛应用, 为电网实时监控提供了有力支撑。首先是传感器和仪表技术的进步。大规模部署的高精度、高动态响应的测量装置, 能够对电网关键参数如电压、电流、频率等进行实时精准感知。同时, 基于光纤、微波等高速通信技术的广域测量系统(WAMS)的应用, 进一步提高了电网运行状态感知的时空分辨率, 为后续的智能决策提供了更加全面的数据支撑。先进的信号处理和分析技术也在电力系统监测中扮演着重要角色。通过对海量监测数据的智能化处理和分析, 可以实现对电网运行异常状况的快速识别和定位, 为故障预警和自愈提供有效参考。人工智能、大数据等新兴技术的引入, 进一步增强了电网状态诊断和分析的精度和效率。可以说, 先进的测控技术为电网实时监控奠定了坚实的技术基础。

2.2 电网实时监控的意义与挑战

电网实时监控对于电力系统的安全稳定运行至关重要。通过对电网关键参数的实时跟踪和分析, 可以及时发现系统异常, 为快速响应和故障处理提供依据。同时, 实时监控数据也为电力调度决策的优化提供了基础, 有助于提高电网运行的经济性和效率。但是, 随着电力系统规模的不断扩大和

结构的日益复杂化, 电网实时监控也面临着诸多挑战。日益增多的发电厂、变电站和输电线路, 以及分布式电源的大规模接入, 使得需要监测的关键点数量成倍增长。其次是监测数据的海量化。高时间分辨率和高空间分辨率的实时监控, 产生了海量的监测数据流, 给后续的数据处理和分析带来了巨大压力。此外, 监测系统的鲁棒性和可靠性也是亟须解决的问题, 关系到整个电力系统的安全稳定运行。

2.3 先进测控技术在电网实时监控中的应用

为应对电网实时监控面临的诸多挑战, 先进的测控技术正在发挥着关键作用。首先是基于物联网、5G等新一代通信技术的监测设备网络建设。高速、广覆盖的通信网络, 使得海量监测数据的快速汇聚成为可能, 为后续的智能分析提供了坚实基础。先进的数据处理和分析算法的应用, 也极大地提升了监测系统的智能化水平。通过机器学习、深度学习等技术, 可以实现对监测数据的自动化诊断和预警, 使电网异常状况的识别更加准确高效。此外, 先进的可视化技术也为电网运行状态的直观展示提供了支撑, 便于调度人员的决策。

3. 自动化保护与系统自愈能力在智能电网中的应用

随着电力系统日趋复杂化, 传统的人工保护技术已经难以满足当前电网运行的需求。自动化保护技术的应运而生, 通过先进的检测、分析和决策算法, 实现了对电网故障的快速识别和精准定位, 大幅提高了系统的安全可靠性。

大数据和人工智能的故障预警技术能够实时分析海量的电网运行数据, 挖掘出故障发生的潜在征兆, 提前预警可能出现的安全隐患。例如, 通过机器学习算法分析历史故障案例, 可以建立起故障预测模型, 识别出设备异常状态或网络拓扑变化等可能导致故障的关键因素。一旦检测到这些异常信号, 系统就能够及时发出预警, 为采取必要的预防措施争取宝贵的反应时间。

广域测量系统能够实时采集电网各部位的电压、电流等关键参数, 而云计算平台则提供强大的数据处理和分析能力。通过对这些实时数据进行复杂的模型计算和智能分析, 系统能够快速确定故障发生的具体位置, 为故障隔离和系统恢复提供重要依据。相比传统的单点测量方式, 这种基于广域测量和云计算的故障定位技术能够大幅缩短故障处理时间, 提高了电网的抗干扰能力。此外, 自适应控制的保护协调技术也在电网自动化保护中发挥重要作用。这种技术能够根据实时的电网拓扑和运行状态, 动态调整保护装置的动作特性, 确保各保护单元之间的协调配合, 避免出现保护失灵或误动作的情况。它还能够实现保护设备的智能组态和自适应定标, 进一步提高了电网的安全性和可靠性。

除了自动化保护技术, 系统自愈能力也是电网智能化的重要内容。所谓系统自愈, 就是指电力系统在遭受故障或攻击后, 能够自主检测、隔离故障, 并快速恢复正常运行状态

的能力。实现系统自愈的关键在于先进的故障检测和诊断能力、自适应的故障隔离和系统恢复能力,以及基于大数据分析和机器学习的自学习能力。通过优化电网拓扑结构、部署大量智能化传感器和开关设备,电网可以实现对故障的快速检测和隔离。一旦发生故障,系统能够迅速识别故障点位置,并自动调整相关开关设备的状态,实现对故障区域的快速隔离,最大限度地减少停电范围。同时,系统还能根据故障情况,自主决策电网重构方案,通过切换备用线路或调整供电拓扑,快速恢复受影响区域的供电。这些自愈功能的实现,不仅大幅缩短了故障处理时间,提升了系统的抗灾能力,而且也能有效减轻电网调度人员的工作负担。

自动化保护和系统自愈能力的发展,不仅提高了电网的安全可靠性,也为清洁能源的大规模接入提供了重要技术支撑。一方面,这些技术能够增强电网对各类故障和攻击的抵御能力,为大规模新能源接入创造更加安全稳定的环境;另一方面,自愈功能的实现也有助于缓解电网灵活性受限的问题,为清洁能源消纳创造更加有利的条件。

4. 柔性并网控制与可再生能源消纳

4.1 柔性并网控制的重要性

随着可再生能源发电规模的不断扩大,电力系统面临着日益严峻的并网接入和消纳问题。传统的电网结构和控制方式已难以适应可再生能源的间歇性和波动性特点,亟须采取更加柔性、智能的并网控制技术来保障电网安全稳定运行。柔性并网控制的核心在于利用先进的功率电子技术和信息技术,构建能够动态调节并网特性的灵活接口。通过快速响应的功率调节、主动无功补偿等措施,可再生能源发电设备能够主动适应电网的运行状态,最大限度地消纳清洁电力,同时也能增强电网对大规模可再生能源并网的“免疫力”。此外,柔性并网控制技术还能实现多能源协同优化,如与储能系统、需求侧管理等的协同配合,进一步提高可再生能源的就近消纳率,降低弃风弃光问题,从而推动清洁能源的高比例利用。可以说,柔性并网控制已成为当前电力系统向智能电网转型的关键支撑。

4.2 可再生能源消纳的技术路径

提高可再生能源的消纳率,需要从电网规划、电力交易、调度控制等多个层面着手,采取综合性的技术措施。首先,这需要合理规划电网架构,提升输电网的灵活性和承载能力。通过柔性交流输电系统(FACTS)和高压直流输电(HVDC)等技术,增强电网对大规模可再生能源并网的支撑能力,消除电网瓶颈制约。建立健全可再生能源电力市场机制,引导各类资源的优化配置。如实行灵活性电价、辅助服务市场等措施,充分发挥市场配置资源的作用,推动可再生能源与常规电源、储能、需侧等多种灵活资源的协同优化。运用先进

的调度控制技术,实现可再生能源的智能并网和柔性消纳。如基于大数据分析和人工智能的预测技术,准确预测可再生能源的发电特性,并优化调度决策;利用分布式控制和虚拟电厂技术,动态协调可再生能源、储能、需侧等各类资源,提升电网的调节能力。通过上述多维度的技术创新,电力系统必将实现对可再生能源的高比例消纳,为碳中和目标的实现提供坚实支撑。

4.3 柔性并网控制与可再生能源消纳的协同发展

柔性并网控制和可再生能源消纳技术的发展是相辅相成的。一方面,柔性并网控制为大规模可再生能源并网接入创造了前提条件,确保了电网安全稳定运行;另一方面,可再生能源消纳的不断提高也为柔性并网控制技术的创新发展提供了广阔空间。未来,基于物联网和云计算的分布式协调控制,可以实现可再生能源、储能、需侧等各类灵活资源的智能调度优化。同时,结合人工智能等前沿技术,提升可再生能源发电预测的精度和可再生能源消纳的灵活性。通过发展多能源互补的柔性并网方案,促进电力、热力、燃气等多能源系统的协同优化。柔性并网控制和可再生能源消纳技术的协同发展,必将为构建清洁低碳、安全可靠的智能电网提供坚实技术支撑,为实现碳中和目标贡献力量。

结语

电气自动化技术在电力系统稳定性提升中发挥着不可替代的作用。从实时监控和快速响应、优化运行控制策略,到促进可再生能源高比例并网,电气自动化技术为电网安全稳定运行注入了强大动力。未来,随着相关技术的不断升级和应用,相信电力系统的可靠性、经济性和环保性将进一步提高,为实现清洁低碳、智能高效的电力供给奠定坚实的技术基础。

[参考文献]

- [1] 电力工程中电气自动化技术的应用[J]. 盛旭阳; 郑远毓; 王晓宁. 光源与照明, 2024
- [2] 电气自动化技术在电力工程中的应用探索[J]. 练坚; 武亦文. 中国品牌与防伪, 2023
- [3] 自动化技术在电力工程中的应用[J]. 吴勇. 集成电路应用, 2021
- [4] 电力工程中的电气自动化技术应用[J]. 李再丽. 信息系统工程, 2023
- [5] 电气自动化在电力工程技术中的应用[J]. 陈菲菲. 中华建设, 2024
- [6] 电气自动化技术在电力工程中的应用探索[J]. 练坚; 武亦文. 中国品牌与防伪, 2023
- [7] 电力工程技术在智能电网建设中的应用分析[J]. 李松. 科技与创新, 2014