

电力系统自动化实现技术与发展趋势研究

杨 帅

北京朝阳电力实业开发有限公司, 北京 100025

[摘要]现代电力系统规模持续扩大, 运行复杂性不断提高, 自动化技术的应用对保障电网安全、稳定、高效运行极为重要。文章深入研究电力系统自动化的实现技术和发展趋势, 着重分析自动化监控技术、调度自动化技术、配电网自动化技术以及人工智能和智能化辅助技术在电力系统中的应用情况及其作用, 并且探讨智能化、分布式电源、能源互联网、数字孪生与仿真技术、可再生能源接入以及电网灵活调控等发展趋势。全面梳理这些技术与趋势, 文章希望为电力系统的智能化发展提供理论依据和技术参考。

[关键词]电力系统自动化; 实现技术; 发展趋势

DOI: 10.33142/hst.v8i10.18069

中图分类号: TM7

文献标识码: A

Research on Implementation Technology and Development Trends of Power System Automation

YANG Shuai

Beijing Chaoyang Electric Power Industry Development Co., Ltd., Beijing, 100025, China

Abstract: The scale of modern power systems continues to expand, and the complexity of operation continues to increase. The application of automation technology is extremely important for ensuring the safe, stable, and efficient operation of the power grid. This paper deeply studies the realization technology and development trend of power system automation, emphatically analyzes the application and role of automation monitoring technology, dispatching automation technology, distribution network automation technology, artificial intelligence and intelligent auxiliary technology in power system, and discusses the development trend of intelligence, distributed generation, energy Internet, digital twin and simulation technology, renewable energy access, and flexible regulation of power grid. By comprehensively reviewing these technologies and trends, the article aims to provide theoretical basis and technical references for the intelligent development of the power system.

Keywords: power system automation; implement technology; development trend

引言

电力系统作为现代社会基础设施的关键构成部分, 其运行所呈现出的安全性、稳定性以及高效性, 均会对国家能源供给以及社会经济发展产生直接影响。伴随电力需求持续增长以及能源结构日益多样化, 传统的人工调控模式已然很难契合系统复杂性以及实时性的相关要求, 电力系统自动化便顺势诞生, 并且逐步发展成为主流模式。电力系统自动化涵盖的内容颇为丰富, 它不但包含有监控与调度方面的功能, 而且还涉及配电网管理、通信信息技术以及智能化辅助决策等诸多方面, 进而为电网运行赋予了数据采集、分析、控制以及优化的综合能力。与此随着新能源、分布式电源以及能源互联网不断发展, 电力系统自动化技术在提升系统灵活性、可再生能源接入能力以及智能调控水平等方面, 都发挥出了极为关键的作用。所以说, 针对电力系统自动化实现技术以及未来发展趋势展开系统研究, 对于推动电网智能化以及实现高质量运行而言, 有着不容忽视的理论价值以及实践价值。

1 电力系统自动化概述

电力系统自动化指的是在电力系统运转进程当中, 借助先进的传感、测控、通信、计算以及信息处理方面的技

术, 达成对电力系统设备予以监测、控制并且实现优化管理的目的, 进而提升系统的安全性、稳定性以及经济性。它的关键点在于凭借信息采集与处理来达成对发电、输电、配电还有用电各个环节的综合管理, 让各个环节可以协同开展工作并且能迅速应对系统出现的变化。电力系统自动化的开展历程经过了从模拟控制、计算机辅助控制一直到数字化自动化以及智能化自动化这样一步步的演进过程, 其应用范畴已然涵盖了从发电厂、变电站、配电网直至用户端的整个系统环节。随着电力系统复杂性的不断增大以及新能源所占比例的逐步提高, 自动化技术不但肩负着传统的监控与调度方面的任务, 而且在智能调度、负荷预测、故障诊断以及系统优化运行等诸多方面也都发挥着极为重要的作用, 给构建安全、经济、绿色且高效的现代电力系统给予了相应的技术支撑。

2 电力系统自动化实现技术

2.1 自动化监控技术

自动化监控技术作为电力系统自动化领域极为重要的一项基础, 其核心功能在于对电力系统的实际运行状态展开实时的监测活动, 同时完成相关信息的采集以及后续的处理工作, 进而能够为调度以及控制方面给予较为可靠

的数据显示方面的有力支撑。此项技术借助传感器、智能测量设备还有数据采集系统等一系列相关设备,把像电压、电流、功率、频率这类关键的运行参数实时地传送到监控中心,并且联合运用先进的数据处理以及分析的相关手段,达成对系统运行状态以可视化形式予以呈现的目的,同时也可针对异常情况发出预警信号。随着自动化监控技术不断向前发展,电力系统得以精准地掌握各个节点的实际运行状况,对于负荷出现的波动情况、设备发生的故障问题以及线路存在的异常情形均能够做出较为快速的反应举措,并且在历史数据的分析、运行环节的优化以及能效管理等诸多方面都发挥着颇为重要的作用。伴随信息技术以及通信技术持续取得新的进展,现代的监控系统已然能够实现远程的实时监控功能,而且还具备智能化决策支持的能力,这在很大程度上极大地提升了电力系统在运行过程中所具有的可靠性以及稳定性水平。

2.2 调度自动化技术

调度自动化技术在电力系统运行管理方面占据着极为关键的地位,其主要借助自动化的方式达成发电、输电以及配电的统一调度与优化控制这一目标,进而确保电网可以安全且稳定地运行起来。这项技术充分运用了先进的计算机系统、调度算法还有决策支持系统,针对电力负荷、发电机组的运行状况、网络拓扑结构以及故障信息展开实时的分析工作,能够在系统环境瞬息万变的情况下,自动对发电计划、负荷分配以及电压调控策略做出相应的调整。调度自动化技术不但提升了电力系统的响应速度以及调控精度,而且能够将人为操作所存在的风险降下来,达成对大规模电网的高效管理效果。随着新能源以及分布式电源的接入,调度自动化技术凭借智能预测、协同控制以及优化算法,成功实现了对可再生能源所具有的波动性以及不确定性做出有效的应对举措,使得电力系统的调度模式从依靠经验来驱动的状态逐步朝着由数据驱动以及智能决策来主导的方向转变。

2.3 配电网自动化技术

配电网自动化技术属于实现电力系统全程自动化的关键部分,其主要职责在于对配电网设备展开实时监控、故障诊断以及快速切换控制,以此提升供电可靠性以及电能质量。该项技术借助布置智能配电终端、自动开关、测控设备还有通信网络,达成对配电线路、电压、电流以及负荷状态的实时采集与分析,并且能够在故障出现之时自动将故障区域隔离,确保非故障区域可持续供电。配电网自动化技术不断向前发展,使得配电系统能够达成高效负荷管理、远程操作以及设备维护优化,与此同时给用户带来更加稳定且高质量的电力供应。在智能电网这样的大背景之下,配电网自动化还会与分布式能源、储能系统以及电动汽车充电设施相结合,实现针对多能互补以及灵活调控的精细化管理,进而为电力系统智能化运行给予稳固的

支撑。

2.4 通信与信息技术

电力系统自动化实现技术中,通信技术是保障系统高效稳定运行的关键支撑,涵盖有线通信技术与无线通信技术两大类别。有线通信技术里,光纤通信凭借其大容量、高速率、低损耗、抗干扰能力强等显著优势,成为电力系统骨干通信网的主流选择,确保调度中心与变电站、发电厂等之间实时、可靠的数据交互。电力线载波通信则利用现有电力线路作为传输媒介,无需额外铺设通信线路,但其易受电力负荷变化、噪声干扰等因素影响,通信质量和稳定性相对光纤通信稍逊一筹。无线通信技术方面,无线专网为电力系统量身定制,具备高安全性、高可靠性、低时延等特性,能满足电力设备远程监控、故障抢修指挥等对通信实时性和安全性要求极高的应用场景需求。公网通信则借助现有的公众移动通信网络(如4G、5G),具有部署灵活、覆盖范围极广的优势。随着电力系统智能化、数字化发展,无线通信技术在电力系统自动化中的应用场景不断拓展,如5G技术凭借其大带宽、低时延、广连接能力,在智能电网的精准负荷控制、分布式能源协同控制等领域展现出巨大潜力。通信以及信息技术不断向前发展,这使得电力系统拥有了更高的运行效率,同时也具备了更强的数据处理能力,并且还为智能化调度以及实时决策给予了稳固有力的支撑。

2.5 人工智能与智能化辅助技术

人工智能以及智能化辅助技术在电力系统自动化方面所起到的作用变得日益重要起来,它的关键之处就在于会运用机器学习、深度学习、数据挖掘还有优化算法等手段,针对电力系统运行数据展开智能层面的分析、预测以及给予决策方面的支持。这种技术可针对电力负荷出现的波动情况、发电计划安排、设备所处的状态以及系统发生的故障等给出较为精准的预测结果,同时还能拿出优化调度的具体方案,以此来达成自动化运行时辅助决策的相关功能。人工智能技术在故障诊断、预测性维护、负荷预测以及能效优化等诸多领域都展现出了颇为明显的优点,能够让电力系统更快速地去识别出潜在的风险点,进而提升运维工作的效率,同时也可降低运行期间的成本耗费。当把大数据平台、云计算以及边缘计算相互结合起来的时候,智能化辅助技术一方面能够对数量众多的运行数据实现高效的处理操作,另一方面还能够达成对复杂电网系统进行自主学习以及优化的目标,从而为电力系统朝着高度智能化且灵活化的方向不断进步给予相应的技术方面的保障。

3 电力系统自动化发展趋势

3.1 智能化与远程化趋势

随着现代电力系统规模变得越来越大,其运行复杂性也在不断增加,在这样的情况下,智能化以及远程化已然成为电力系统自动化极为重要的发展趋势。借助先进的信

息采集技术、分析技术以及控制技术，电力系统可以达成对发电环节、输电环节、配电环节还有用户端的智能监控，并且能够实现优化调度。与此运用远程操作以及控制方面的手段，能够降低人工干预的程度，进而提升运行的效率以及响应的速度^[1]。智能化与远程化的发展情况不单单表现在设备自动化以及调度优化方面，而且还体现在系统的自适应调控能力、智能预测能力以及异常处理能力都得到了提升，这就使得电力系统能够在时刻都在发生着变化的运行环境当中维持较高的可靠性与稳定性，从而为新能源的接入、电网的灵活调控以及能源互联网的建设给予相应的技术支撑。

3.2 分布式电源与微电网融合

分布式电源以及微电网得到广泛运用之后，电力系统自动化便有了全新的要求，与此也收获了更高的灵活性以及可靠性。微电网把光伏、风能、储能还有分布式负荷加以集成，进而达成局部自供电以及灵活切换的目的，并且能够和主电网协同开展运行工作^[2]。分布式电源与微电网的融合，要依靠自动化控制技术、通信网络以及智能算法来给予支持，以此实现对局部电网的实时监控、功率调节以及优化管理。这样的融合，一方面提升了系统的供电可靠性以及能源利用效率，另一方面也强化了电网针对新能源波动性的适应能力，给构建多能互补、绿色高效的电力系统给予了重要的保障。

3.3 能源互联网与多能互补发展

能源互联网不断发展，推动电力系统自动化迈向更高层次。借助跨能源以及多领域的综合管理，达成电力、热力、气体等多种能源形式的协同优化。多能互补发展运用储能技术、需求侧管理还有智能调度，实现能源供应和负荷需求的动态匹配，提高系统整体效率以及经济性。自动化技术在能源互联网里起到关键作用，依靠实时数据采集、分析以及控制，达成各类能源的协同调度与优化运行，支持可再生能源大规模接入，降低系统波动风险，提升能源系统的灵活性、可靠性以及可持续发展能力。

3.4 数字孪生与仿真技术的应用

数字孪生以及仿真技术给电力系统的规划工作、运行流程以及管理环节都带来了全新的工具选项^[3]。其借助构建电力系统的数字模型这一方式，进而达成对实际电网展开实时仿真操作、做出相关预测以及实施优化举措的目的。数字孪生技术能够在虚拟所营造的环境当中去模拟各式各样的运行状态还有各类故障情景，以此来助力调度人员开展决策方面的分析活动以及风险层面的评估事宜，最终

促使系统的安全性以及可靠性得以提升^[4]。仿真技术与自动化控制手段以及智能算法相互结合起来之后，能够让电力系统在不一样的运行条件之下顺利地开展优化试验以及调度方案的验证工作，进而为新能源的接入事宜、微电网的运行状况以及多能互补的情况给予可行性方面的分析内容以及相应的技术支持，由此推动电力系统朝着数字化、智能化的发展方向不断迈进。

3.5 可再生能源接入及电网灵活调控发展

随着可再生能源大量接入电力系统，出现了负荷波动、功率不稳以及电压波动等诸多挑战，灵活调控技术愈发重要起来。自动化技术借助精确监控、快速调度以及智能优化等方式，针对风能、太阳能这类不稳定电源的接入加以管理，并且联合储能系统、需求侧响应以及负荷调节等多种手段，达成对电网运行状态的动态调控。灵活调控不断发展，既提高了电网的安全性与稳定性，又给构建绿色、低碳且高效的现代电力系统提供了关键的技术支撑，推动电力系统朝着可持续以及智能化的方向去发展。

4 结语

电力系统自动化技术持续发展，现代电网在安全、可靠、经济、可持续等方面大幅提升。借助自动化监控、调度自动化、配电网自动化、人工智能辅助等技术应用，电力系统可实现全网运行实时监控、优化调度、智能化管理。智能化、远程化、分布式电源融合、能源互联网、多能互补、数字孪生、灵活调控等发展趋势，给电力系统高效运行、绿色低碳发展带来技术保障。未来，伴随通信技术、信息技术、人工智能不断进步，电力系统自动化会更智能、灵活、可持续，为电网稳定运行、能源转型提供有力支撑。

[参考文献]

- [1] 马文. 电力系统自动化实现技术与发展趋势研究[J]. 仪器仪表用户, 2025, 32(6):143-145.
- [2] 郑金锋, 张晓辉, 章华. 电力系统配电网自动化实现技术分析[J]. 电子元器件与信息技术, 2021, 5(7):77-78.
- [3] 赵帅. 自动化技术在电力工程中的应用分析[J]. 灯与照明, 2025, 49(1):157-159.
- [4] 赵辉. 电力系统自动化安全控制问题及策略研究[J]. 电工技术, 2024(2):352-354.

作者简介：杨帅（1988.4—），男，民族：汉，籍贯：河北省衡水市景县人，现职称：电力工程技术，工程师，2009年6月20日毕业于河北能源职业技术学院，应用电子技术专业，2022年6月19日毕业于华北电力大学，电气工程及其自动化专业，最高学历：本科。