

输配电工程中的自动化运行技术分析

潘 靖

广西方能电力工程有限公司, 广西 南宁 530000

[摘要]随着社会的不断发展和工业化进程的加速,电力系统作为基础设施之一,扮演着至关重要的角色。电力的可靠供应直接关系到社会生活、经济发展和环境可持续性。为了应对不断增长的电力需求和提高电力系统的运行效率,输配电工程领域不断探索并应用先进的自动化运行技术,旨在提升电力系统的智能性、可靠性和可持续性,以适应新时代电力需求的挑战。

[关键词]输配电工程;电力自动化;远程控制

DOI: 10.33142/hst.v7i1.11212

中图分类号: TM72

文献标识码: A

Analysis of Automation Operation Technology in Power Transmission and Distribution Engineering

PAN Jing

Guangxi Fangneng Electric Power Engineering Co., Ltd., Nanning, Guangxi, 530000, China

Abstract: With the continuous development of society and the acceleration of industrialization, the power system, as one of the infrastructure, plays a crucial role. The reliable supply of electricity is directly related to social life, economic development, and environmental sustainability. In order to cope with the growing demand for electricity and improve the operational efficiency of the power system, the field of transmission and distribution engineering continuously explores and applies advanced automation operation technology, aiming to improve the intelligence, reliability, and sustainability of the power system to meet the challenges of the new era's electricity demand.

Keywords: transmission and distribution engineering; power automation; remote control

引言

传统的电力系统在面临快速发展的同时也有着诸多问题,如负荷波动、能源安全和环境污染等问题。为了解决问题,输配电工程在过去几十年里经历颠覆性的技术变革。自动化运行技术的兴起不仅为电力系统注入了新的活力,也为实现电力系统的智能化和可持续性提供了强有力的支持。

1 输配电系统概述

1.1 输电系统

输电系统是电力系统中负责将发电厂产生的电能从发电站传输至用户或配电站的重要组成部分。其主要组成包括输电线路、变电站和相关设备;输电线路通常采用高压电缆或架空线,通过输电塔连接,以减小电能传输中的能量损耗;变电站则起到电能转换、升压或降压的作用,以适应不同距离和负荷要求。为了减小输电损耗,输电系统往往采用高电压传输,同时需要满足巨大的电力需求。稳定的电能传输对于维护电力系统的正常运行至关重要,因此输电系统在设计和运行中需考虑各种可能的故障和应对措施,以确保连续稳定的电力供应。在运行要求方面,输电系统需要保持高效的能量传输,确保电力能够在长距离传输过程中最小化损耗。此外,对于输电线路和设备的监测和维护也是必不可少的,以及时发现和解决潜在问题,提高系统的可靠性和可维护性。

1.2 配电系统

配电系统作为电力系统中的关键组成部分,其基本架构主要包括变电站、配电线路、变压器和配电设备。在配电系统中,变电站是一个重要的节点,负责将输电系统传来的高电压电能进行升压或降压处理,以适应不同用电场景的需求。配电线路则将处理过的电力传送到各个区域或用户,采用较低的电压以确保安全可靠的供电。在面对不同电力需求和用电负荷波动时,配电系统需要能够灵活调整电能的分配,确保各个用户能够获得稳定的电力供应^[1]。此外,为提高系统的可靠性,配电系统还需具备对电力故障的快速检测和切换能力,以最小化对用户的影响。为了适应现代电力网络的需求,先进的自动化技术可以实现对电力系统的实时监测、远程控制和故障诊断,提高系统的运行效率和可靠性。总之,配电系统的基本架构和运行特性需要在保障电力供应的同时,不断适应电力网络的发展和变化。

2 自动化运行技术基础

2.1 控制系统理论

控制系统理论涵盖了研究系统动态行为及其对外部输入和干扰的响应的领域。系统被定义为具有输入、输出以及一定关系的物理或数学对象。系统接收外部信号或干扰作为输入,而输出则是系统对这些输入的响应。在控制系统的分类中,根据时间性质,可将其分为连续时间和离

散时间控制系统。连续时间系统的状态和输入是连续变化的，通常用微分方程描述；而离散时间系统的状态和输入在离散时刻变化，常用差分方程描述。根据系统行为的线性或非线性特性，控制系统可分为线性和非线性两类。线性控制系统的行为由线性方程或关系描述，而非线性系统包含非线性元素，其数学模型通常为非线性方程。此外，根据控制器结构，可将控制系统分为开环控制和闭环控制。在开环控制中，控制器的输出直接影响系统输入，而在闭环控制中，系统输出被反馈给控制器，以比较输出和期望值来调节系统行为。

这些基本概念和分类为深入研究控制系统理论提供了理论基础，也为设计和分析各种实际控制系统提供了框架和方法。在数学模型中，连续时间系统的状态方程通常表示为：

$$\frac{dx(t)}{dt} = Ax(t) + Bu(t)$$

其中， $x(t)$ 是系统的状态向量， $u(t)$ 是输入向量， A 和 B 是系统的矩阵参数。这些理论奠定了自动化运行技术的基础，为实际应用中的电力系统控制提供了关键的理念和工具。

2.2 传感器与执行器

传感器与执行器是控制系统中的重要组成部分，它们分别负责感知环境信息和执行控制指令，为控制系统提供实时反馈和响应。传感器是用于检测和测量环境中各种物理量的设备，其种类多样，根据测量的物理量可以分为多个类型。首先，光学传感器利用光的特性进行测量，包括光电二极管、光敏电阻和激光传感器等。磁性传感器则基于磁场的变化进行测量，如磁敏电阻和霍尔效应传感器。声波传感器利用声波的传播特性，包括超声波和声表面波传感器。另外，温度、湿度和压力传感器分别用于测量环境的温度、湿度和压力。执行器则负责根据控制系统的输出信号执行相应的动作^[2]。常见的执行器包括电动执行器、液压执行器和气动执行器。电动执行器通过电能转换为机械运动，如电动马达。液压执行器则通过控制液体的流动来产生机械运动，如液压缸。气动执行器则利用气体的压缩和膨胀来产生运动，如气缸。总之，传感器和执行器的协同作用使得控制系统能够感知外部环境并作出相应的动作，从而实现对系统的精确控制和调节。

3 输配电自动化运行技术

3.1 SCADA 系统

SCADA(Supervisory Control and Data Acquisition)系统是一种用于监测、控制和采集数据的自动化系统，由监视站、远程终端单元(RTU)、通信网络和控制中心组成。其主要功能在于实时监测和管理复杂工业过程，通过收集来自各个设备和传感器的数据，将这些数据可视化呈现给操作人员，并提供实时的控制和决策支持。SCADA系统在

输配电领域的应用是非常关键的，它可以实现对电力系统的全面监控和集中管理。首先，SCADA系统通过实时采集电力系统各个节点的数据，包括电流、电压、功率等信息，以便对系统状态进行准确地监测。其次，通过图形化的界面呈现，操作人员可以直观地了解电力系统的运行状况，迅速识别潜在问题并采取相应的措施。此外，SCADA系统能够实现对设备的实时控制，包括远程开关、调整设备参数等功能，从而提高了电力系统的可操作性和响应速度。在输配电中，SCADA系统通过持续监测系统的各种参数，SCADA系统能够及时发现潜在的故障，并通过自动化的算法进行诊断。一旦故障发生，SCADA系统可以实现对系统的快速切换和恢复，减小故障对电力供应的影响，提高电力系统的可靠性。总之，SCADA系统在输配电中的应用不仅提高了电力系统的运行效率和可靠性，同时也为运维人员提供了更便捷、准确的管理手段，有力地推动了电力系统的自动化和智能化发展。

3.2 智能保护装置

智能保护装置是配电系统中的关键组件，其基本原理在于通过先进的电力系统监测和分析技术，实时检测电力系统中的故障情况，并采取迅速而准确的保护措施，以最小化故障对系统的影响。在智能保护装置的工作中，通过传感器和监测设备实时采集电力系统的各项参数，如电流、电压等。利用先进的算法和逻辑进行故障检测，识别出电力系统中可能存在的故障类型，如短路、过载等。一旦检测到故障，智能保护装置会根据事先设定的保护策略，迅速判断故障位置，并发出相应的保护信号。智能保护在配电网中它能够实现对电力系统的快速响应，迅速隔离和切除故障部分，防止故障扩大影响，确保供电的连续性。智能保护装置能够提高系统的可靠性和安全性，通过准确判断故障类型和位置，智能保护装置还能够减少系统中断的时间，提高电力系统的可用性。总之，智能保护装置通过先进的监测技术和智能算法，为配电系统提供了高效、可靠的保护机制，对于确保电力系统的安全、稳定运行具有重要意义。

3.3 自动化开关设备

自动化开关设备是输配电系统中的关键组成部分，其作用在于实现对电路的远程控制和自动化运行。根据其功能和应用场景的不同，可以分为多种类型，包括断路器、隔离开关、接地开关等。在分类方面，断路器是一种常见的自动化开关设备，主要用于在电路发生故障时迅速切断电流。根据其断开电路的方式，断路器可以分为空气断路器、真空断路器和SF6气体断路器等。隔离开关主要用于将电路切断，但与断路器不同，隔离开关不具备断开带电流的能力。接地开关用于将系统中的设备或线路接地，以确保人员和设备的安全^[3]。自动化开关设备的工作原理通常基于电磁、机械或气体介质的控制。以断路器为例，

其工作原理包括故障检测、电流测量和控制操作。当电流超过设定值或发生故障时,断路器通过电磁驱动或其他机械机构迅速打开,切断电流,以防止故障蔓延。在系统自动化中,自动化开关设备能够通过远程控制实现对电路的操作,减少了人工干预的需求,提高了系统的自动化水平。此外,自动化开关设备在故障检测和处理中也发挥了重要作用,帮助系统快速隔离故障,保障电力系统的稳定运行。总之,自动化开关设备通过先进的控制技术,为电力系统提供了可靠、高效的操作手段,是实现电力系统自动化和智能化的重要组成部分。

3.4 能源储存与管理技术

能源储存与管理技术作为输配电工程中的重要组成部分,为电力系统的稳定性、可靠性和可持续性提供了关键支持。能源储存技术的进步不仅在应对电力系统的不断变化和挑战上发挥了重要作用,同时在自动化运行中的广泛应用也推动了电力系统向更为智能和高效的方向迈进。首先,能源储存技术的发展为电力系统注入了新的活力。能源储存技术通过各种形式的储能设备,如电池、超级电容器和储能系统,使得系统能够更加灵活地存储多余的电能,并在需要时释放。这对于平衡电力系统的供需关系、降低负荷波动以及提高系统的响应速度具有重要意义。其次,能源管理在自动化运行中的应用为电力系统带来了更为智能和高效的操作手段。能源管理系统通过实时监测、分析和优化能源的使用情况,为系统的运行提供了全面而精确的数据支持。通过先进的算法和智能控制,能源管理系统可以预测负荷需求、优化能源调度、实现对储能设备的智能控制,从而提高系统的整体效率。在实际应用中,能源管理系统还能够协同各种能源资源,包括传统的发电设备、可再生能源、储能设备和分布式能源资源。总之,能源储存与管理技术的发展以及在自动化运行中的应用,为电力系统带来了显著的益处,不仅提高了系统对可再生能源的利用效率,也增强了电力系统的抗干扰能力和应对能源需求变化的能力。

3.5 智能电表与电力负荷管理

智能电表与电力负荷管理作为电力系统中的关键组成部分,共同构建了一个更加智能、高效的能源管理体系。首先,智能电表作为新一代电力计量设备,其原理与特点在于通过先进的技术实现电力消费的监测、记录和通信。基于精准的电能测量,智能电表能够实时获取用户的用电数据,并通过通信技术将相关信息传输至电力公司或用户。其特点包括高精度的电量测量、实时数据传输、远程控制以及支持双向通信,使得电力公司能够更准确地了解用户的用电情况,优化电网调度,提高电力系统的运行效率。与此同时,电力负荷管理作为对电力系统中负荷进行有效

调控的重要手段,目前正处于快速发展的阶段。电力负荷管理的现状主要体现在通过智能电表等先进设备实现对用户用电行为的实时监测,系统可以追踪用户的用电模式,准确获取负荷数据,并借助智能算法进行负荷预测和调度。此外,通过电能储存技术和分布式能源资源的灵活调度,电力负荷管理还能够提高系统的适应性和抗干扰能力。在未来,电力负荷管理有望迎来更为广泛和深入的发展。随着物联网和人工智能技术的不断进步,电力系统将更加智能化和自适应。智能电表将成为智能电网中的关键节点,通过实时数据反馈,实现对电力系统的更加精准和迅速的响应。电力负荷管理将进一步利用大数据和智能算法,实现对负荷需求的精确预测,优化电力资源配置,提高系统的可靠性和经济性,不仅有助于降低电力系统的运行成本,还能够促进清洁能源的有效利用,推动电力行业向可持续发展的方向迈进。在新能源、电动车辆充电等需求不断增长的情况下,智能电表与电力负荷管理的未来前景将为电力系统注入更多活力,为建设智能、高效、可持续的电力系统铺平道路。

4 结语

在输配电工程中,自动化运行技术的应用显著提升了电力系统的可靠性、效率和智能化水平。从控制系统理论到传感器与执行器的应用,再到智能保护装置、自动化开关设备、能源储存与管理技术以及智能电表与电力负荷管理的发展,各项技术共同构建了一个高度自动化、智能化的电力系统框架。控制系统理论为系统稳定性和控制性提供了理论基础,传感器与执行器通过实时感知和响应实现了对电力系统的精准控制。智能保护装置和自动化开关设备在故障检测和系统调度中发挥了关键作用,有效提高了系统的可靠性。能源储存与管理技术为电力系统提供了灵活的能源利用方案,而智能电表与电力负荷管理通过实时监测和精准调度进一步推动了电力系统的智能化。在未来,随着科技的不断创新,自动化运行技术将持续发展,为电力系统的可持续性和智能化发展创造更多可能,将迎来更为高效、可靠、智能的新时代,以满足不断增长的电力需求和推动清洁能源的广泛应用。

【参考文献】

- [1]黄盛春. 电力工程输配电与用电工程自动化的结合应用[J]. 设备管理与维修,2021(24):112-114.
- [2]赵猛. 输配电工程中的自动化技术应用[J]. 集成电路应用,2023,40(6):324-325.
- [3]苗飞. 城市配电设备运行及自动化技术研究[J]. 模具制造,2023,23(12):229-231.

作者简介:潘靖(1987.12—),毕业院校:四川大学,所学专业:水利水电工程,当前就单位:广西方电力工程有限公司,职务:副总经理,职称级别:中级。