

配网自动化技术在电力系统中的应用

李斌 马博辉 李金 韩润

国网银川供电公司, 宁夏银川, 750000;

摘要: 配网自动化技术是提升电力系统运行效率与可靠性的关键。它实现对配电网的实时监测、故障快速定位与隔离、优化运行控制等功能。通过自动化技术可减少停电时间、提高电能质量、降低运维成本, 对现代电力系统发展意义重大。

关键词: 配网自动化技术; 电力系统; 电能质量; 故障处理; 运行效率

DOI: 10. 69979/3041-0673. 24. 6. 050

引言

电力系统的稳定运行对现代社会至关重要。随着电力需求的增长和电网规模的扩大, 传统配网管理面临诸多挑战。配网自动化技术应运而生, 它利用现代通信、计算机等技术对配电网进行智能化管理。这一技术的应用有助于提升电力系统的安全性、可靠性和经济性, 是电力系统发展的必然趋势。

1 配网自动化技术概述

1.1 定义与内涵

配网自动化技术是指利用现代电子技术、通信技术、计算机及网络技术, 将配电网的在线数据、离线数据、用户数据、电网结构和地理信息等进行集成, 构成完整的自动化系统, 实现配电网的运行监视、控制和管理。其内涵丰富, 涵盖了从配电变电站到用户端的整个配电环节。它不仅仅是简单的设备自动化, 更是一种对配电网整体运行状态进行优化的理念。通过各种传感器、智能终端等设备采集数据, 如电压、电流、功率因数等, 然后借助通信网络将这些数据传输到控制中心。在控制中心, 利用计算机软件进行数据分析、处理, 从而实现配电网的智能调控。

1.2 主要技术构成

配网自动化技术主要由多个关键部分构成。首先是数据采集与监控系统 (SCADA), 它是整个配网自动化的基础。通过在配电网的各个关键节点安装传感器和智能电表等设备, 能够实时采集电压、电流、功率等电力参数以及开关状态等信息, 并将这些数据准确、及时地传输到控制中心。通信技术也是不可或缺的组成部分, 包括光纤通信、无线通信等方式。光纤通信具有传输速度快、容量大、抗干扰能力强的优点, 适用于长距离、大容量的数据传输; 而无线通信则具有灵活性高、部署

方便的特点, 在一些难以铺设光纤的区域发挥重要作用。此外, 还有配电自动化终端设备, 如馈线终端单元 (FTU)、站所终端单元 (DTU) 和配变终端单元 (TTU) 等。FTU 主要用于监测和控制馈线的运行状态, 能够实现故障检测、隔离和恢复供电等功能; DTU 用于变电站、开闭所等站所的监控; TTU 则专注于配电变压器的监测与管理, 这些终端设备协同工作, 为配网自动化提供了硬件支持。

1.3 发展历程

配网自动化技术的发展经历了多个阶段。早期, 配网自动化主要侧重于基本的远程控制和简单的监测功能。在这个阶段, 主要是通过一些简单的继电器和控制器实现对配电网中开关设备的远程操作, 以及对部分电力参数的初步监测。随着电子技术和计算机技术的不断发展, 配网自动化进入了一个新的阶段。更多的智能设备开始应用于配电网中, 如智能电表的出现使得电能计量更加精确, 同时也为用户侧的数据采集提供了可能。通信技术的进步也为配网自动化的发展注入了新的活力, 从最初的窄带通信逐渐发展到宽带通信, 数据传输的速度和容量都得到了极大的提升。到了现代, 配网自动化技术朝着智能化、集成化的方向发展。

2 配网自动化技术在电力系统中的功能

2.1 实时监测功能

配网自动化技术的实时监测功能在电力系统中具有至关重要的意义。通过在配电网的各个环节安装传感器和监测设备, 能够对电力系统的多种参数进行实时、精确的监测。例如, 对电压的监测可以及时发现电压波动情况, 避免因电压过高或过低对电力设备造成损害, 同时也能保证用户端的用电设备正常运行。电流监测能够反映线路的负载情况, 当电流超过额定值时, 可以及时预警, 防止线路过载引发安全事故。此外, 对功率因

数、频率等参数的监测有助于掌握电力系统的运行状态，及时调整系统的运行方式。实时监测还包括对设备状态的监测，如变压器的油温、绝缘性能，开关设备的开合状态等。

2.2 故障诊断与处理功能

在电力系统中，配网自动化技术的故障诊断与处理功能是保障供电可靠性的关键。当配电网发生故障时，配网自动化系统能够迅速进行故障诊断。通过对实时监测数据的分析，如故障点前后的电压、电流变化情况，系统可以准确判断故障的类型（是短路故障、接地故障还是其他类型的故障）以及故障的具体位置。例如，当发生短路故障时，故障点附近的电流会急剧增大，电压会急剧下降，配网自动化系统可以根据这些特征迅速定位故障点。一旦确定故障位置，系统就可以自动启动故障处理程序。对于馈线故障，馈线终端单元（FTU）可以控制相关的开关设备，实现故障的快速隔离，防止故障范围的扩大。然后，通过网络重构等方式，将非故障区域的供电迅速恢复，最大限度地减少停电时间和停电范围。这种故障诊断与处理功能不仅提高了供电的可靠性，还减轻了运维人员的工作负担，他们不需要再进行繁琐的故障排查工作，只需要对故障设备进行修复即可。

2.3 优化运行功能

配网自动化技术的优化运行功能对电力系统的高效运行起着不可或缺的作用。首先，通过对配电网实时运行数据的分析，如负荷分布情况、电压水平等，配网自动化系统可以进行负荷预测。准确的负荷预测有助于电力系统提前做好发电计划和调度安排，避免因发电不足或过剩导致的能源浪费或供电紧张。例如，在用电高峰期，可以提前安排发电设备增加发电量，以满足用户的用电需求；在用电低谷期，可以合理调整发电设备的运行状态，减少不必要的能源消耗。其次，配网自动化技术可以优化配电网的网络结构。根据不同区域的负荷需求和电源分布情况，系统可以动态调整网络的拓扑结构，使得电能配电网中的传输更加合理、高效。

3 配网自动化技术对电力系统的积极影响

3.1 提高供电可靠性

配网自动化技术显著提高了电力系统的供电可靠性。在传统的配电网中，一旦发生故障，往往需要人工进行故障排查和修复，这一过程耗时较长，会导致大面积停电。而配网自动化技术通过其故障诊断与处理功能，能够快速定位故障点并进行隔离，然后迅速恢复非故障区域的供电。例如，当一条馈线发生故障时，馈线终端

单元（FTU）可以在短时间内检测到故障并控制开关设备将故障段隔离，同时通过网络重构将其他正常馈线的电能供应到停电区域，大大缩短了停电时间。此外，配网自动化技术的实时监测功能可以提前发现设备的潜在故障隐患，使得运维人员能够及时进行维护和检修，避免设备突然故障导致的停电事故。

3.2 提升电能质量

配网自动化技术在提升电能质量方面发挥着重要作用。电能质量主要体现在电压稳定性、频率稳定性和波形畸变率等方面。配网自动化技术的实时监测功能可以对电压进行精确监测，当监测到电压波动超出正常范围时，系统可以通过调整变压器的分接头或者控制无功补偿设备的投切来稳定电压。例如，在负荷高峰时段，电压可能会下降，配网自动化系统可以及时增加无功补偿，提高电压水平；在负荷低谷时段，电压可能会升高，系统可以通过调整变压器分接头来降低电压。对于频率稳定性，虽然电力系统的频率主要由发电侧控制，但配网自动化技术也可以通过对负荷的实时监测和调控，辅助发电侧维持频率的稳定。

3.3 降低运营成本

配网自动化技术有助于降低电力系统的运营成本。一方面，通过提高供电可靠性和电能质量，减少了因停电事故和电能质量问题导致的经济损失。例如，停电会给工业用户带来巨大的生产损失，而配网自动化技术减少了停电次数和时长，从而避免了这些不必要的损失。同时，良好的电能质量也减少了因谐波等问题对电力设备造成的损害，降低了设备维修和更换的成本。另一方面，配网自动化技术的优化运行功能能够提高能源利用效率，从而降低能源成本。

4 配网自动化技术应用面临的挑战

4.1 技术兼容性问题

配网自动化技术在应用过程中面临着技术兼容性的严峻挑战。随着电力系统的不断发展，配网中存在着多种不同类型、不同年代的设备。这些设备可能采用了不同的技术标准、通信协议和数据格式。例如，一些早期安装的设备可能只支持传统的窄带通信协议，而新的配网自动化设备则更多地采用宽带通信协议。当将新的自动化技术应用到现有的配电网中时，就需要解决这些设备之间的兼容性问题。如果设备之间无法实现有效的通信和数据交互，那么配网自动化系统就无法正常运行。此外，不同厂家生产的设备在功能实现、接口规范等方面也存在差异，这也给配网自动化技术的集成带来了困

难。要解决技术兼容性问题,需要制定统一的技术标准和规范,同时也需要开发兼容性强的中间设备或者软件,以实现不同设备之间的互联互通,这是一个复杂且耗时的过程,需要电力企业、设备制造商等多方共同努力。

4.2 网络安全风险

配网自动化技术的应用不可避免地面临着网络安全风险。随着配网自动化系统的智能化和信息化程度越来越高,其对网络的依赖也越来越强。配网自动化系统通过网络传输大量的电力系统运行数据,如实时监测数据、控制指令等。如果网络受到攻击,可能会导致数据泄露、数据篡改或者控制指令被恶意拦截等严重后果。例如,黑客可能会入侵配网自动化系统,篡改开关设备的控制指令,导致配电网的运行出现混乱,甚至引发大面积停电事故。

4.3 设备更新与维护压力

配网自动化技术的应用带来了设备更新与维护的巨大压力。随着配网自动化技术的不断发展,新的设备和技术不断涌现,为了实现配网自动化的功能,需要对现有的配电网设备进行更新换代。然而,配电网设备数量庞大,分布广泛,这使得设备更新工作面临诸多困难。例如,在一些偏远地区,设备的更新可能受到地理环境、交通条件等因素的限制。而且,新设备的投资成本较高,电力企业需要承担较大的资金压力。在设备维护方面,配网自动化设备的维护要求比传统设备更高。由于这些设备包含了更多的电子元件和智能模块,其故障概率相对较高,并且故障的排查和修复也更加复杂。

5 配网自动化技术的发展前景

5.1 新技术融合趋势

配网自动化技术呈现出与多种新技术融合的发展趋势。随着物联网技术的发展,配网自动化设备将更好地融入物联网体系。通过物联网技术,配网中的各种设备可以实现更加高效的互联互通,形成一个庞大的智能物联网络。例如,每一个配电终端设备都可以作为物联网中的一个节点,实时共享自身的状态信息和采集到的数据,从而实现对配电网更加全面、细致的感知。大数据技术也将与配网自动化技术深度融合。配网自动化系统在运行过程中会产生海量的数据,包括实时监测数据、历史运行数据等。通过大数据技术对这些数据进行分析,可以挖掘出更多有价值的信息,如负荷变化规律、故障发生的潜在因素等。

5.2 智能化发展方向

配网自动化技术正朝着智能化的方向发展。在未来,配网自动化系统将具备更强的自主决策能力。它将不仅仅是简单地根据预设的规则进行操作,而是能够根据实时的运行数据和环境变化,自主地做出最优的决策。例如,在故障处理方面,智能化的配网自动化系统可以根据故障的严重程度、影响范围等因素,自动选择最合适的故障处理方案,而不是按照固定的程序进行操作。在负荷管理方面,系统可以根据用户的用电习惯、实时的负荷需求以及电力市场的价格信号等,智能地调整配电网的运行方式,实现对负荷的智能调控。

5.3 可持续发展的推动

配网自动化技术的发展受到可持续发展理念的推动。在能源转型的大背景下,可再生能源在电力系统中的比例不断增加。配网自动化技术将有助于更好地整合可再生能源资源。例如,通过对配电网的智能控制,可以优化分布式光伏发电、风力发电等可再生能源的接入和消纳。配网自动化系统可以实时监测可再生能源的发电情况,根据其波动性和间歇性的特点,合理调整配电网的运行方式,提高可再生能源的利用率。同时,配网自动化技术也有助于减少电力系统的碳排放。通过提高供电可靠性和电能质量,减少因停电事故和电能质量问题导致的能源浪费,从而间接降低了碳排放。

6 结束语

配网自动化技术在电力系统中的应用是不可阻挡的发展潮流。尽管目前面临一些挑战,但随着技术的不断进步,这些问题将逐步得到解决。其在提高供电可靠性、提升电能质量和降低运营成本等方面的显著优势,将推动电力系统朝着更加智能、高效、可持续的方向发展,未来配网自动化技术将在电力系统中发挥更为重要的作用。

参考文献

- [1] 王轩. 配网自动化方案设计[J]. 电工技术, 2022, (2): 132-135.
- [2] 汪云. 电力系统中配网自动化的应用研究[J]. 模型世界, 2022, 6(9): 243-247.
- [3] 沈伟. 配网自动化开关故障处理及运行维护[J]. 中华纸业, 2020, 27(8): 108-109.