

[5G]

5G 技术对新能源接入配电网继电保护的影响及优化

文 / 姜孟宇
中油电能供电公司变电检修部

首先分析了新能源并网对配电网继电保护的影响，然后深入探讨了5G通信技术在配电网继电保护中的应用及其优势。通过仿真算例，验证了基于5G通信技术的配网差动保护的有效性。研究结果表明，5G技术有助于提高新能源接入配电网的继电保护性能，为实际系统的优化和改进提供了有益的参考。

随着可再生能源的大规模开发和利用，新能源在电力系统中的占比逐渐增加。新能源的接入改变了配电网的传统结构和运行模式，使得继电保护面临着新的挑战。同时，5G通信技术的快速发展和广泛应用为解决新能源接入带来的问题提供了新的思路。因此，研究5G技术对新能源接入配电网继电保护的影响及优化具有重要的现实意义和理论价值。

新能源并网的影响

随着我国新能源产业的快速发展，新能源电站逐渐融入配电网。新能源电站接入配电网的位置不同，系统短路时带来的影响也不同。因此，在新能源电站并入配电网不同位置时，配电网的继电保护在发生故障情况的特性进行分析具有重要意义。

如图1所示，图中各线路保护均为电流保护。新能源电源接入发电母线后，系统短路电流会发生变化，从而影响配电网的继电保护特性。在这种情况下，需要对配电网的继电保护进行重新配置，以确保系统的安全稳定运行。

当新能源电站接入配电网其他位置时，如接入线路、变电站等，系统短路电流及继电保护特性也会发生变化。针对这些情况，同样需要对配电网的继电保护进行优化调整，以保障新能源电源与配电网的协同运行。

网的协同运行。

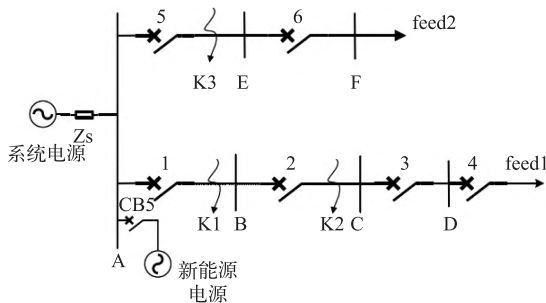


图1 新能源接入配电网馈线初始端结构图

5G通信技术

1. 5G通信技术特性

5G是第五代移动通信技术的简称，5G的主要技术包括：

1) 超密集异构网络（UDN），支持5G网络的智能部署，实现多天线、大规模、自组织和自适应等网络技术的应用。

2) 高速率。5G网络峰值速率可达1 Gbps以上，5G通信系统的峰值速率可以达到每秒10 Gbit以上，大大提高了数据传输效率。

3) 低时延。5G网络可以做到毫秒级的端到端时延，极大地提升了数据传输的可靠性和实时性。

4) 海量设备连接。5G网络可以实现千万量级的连接,支持设备连接数达到每秒10 GB以上。

5G通信技术具有以下特性:

1) 海量用户连接。5G网络可实现千万级别的用户连接,通过智能控制和数据分析,可有效降低用户的平均时延,为用户提供优质的通信服务。

2) 超高带宽。5G网络峰值速率可达1 Gbps以上,为传统有线宽带传输速率的10倍以上。

3) 超低时延。5G网络可以做到毫秒级的时延,大大提升了数据传输效率,能够为工业控制、自动驾驶和远程医疗等场景提供可靠的通信服务。

4) 海量机器连接。5G网络支持百万级设备连接,可实现对设备的统一管理,包括对多个分布式能源和储能系统进行集中控制、管理和调度,极大提升配电网运行效率。

2. 5G关键技术

(1) Massive MIMO技术

采用多天线发射和多天线接收的方式,提高频谱效率,从而提高通信系统的容量。该技术可将单天线的传输带宽成倍增长,同时也提高了数据传输速率。具体而言,通过在基站端使用多个天线,并对每个天线进行数据传输,当其中一个天线接收到信号时,系统将其发送给另一个天线,从而提高通信系统的传输速率。基于此技术,5G网络的数据传输速率可提升至20 Gbit/s。

(2) 超密集组网技术

通过对密集无线网络中的大量终端进行协同通

信,将一个用户与其他用户或一个设备之间的数据传输速率提升到几个 Mb/s。在LTE网络中,由于终端之间的通信距离较短,因此不能满足超密集组网的要求。为了满足5G网络中终端间的通信距离要求,采用多基站协同方式进行数据传输,通过多个基站协同工作来保证数据传输的可靠性。

(3) 多输入多输出(MIMO)技术

在LTE网络中,为提高网络传输速率,通常采用MIMO技术,即在接收端将多个天线用于接收信号,再进行信号处理后将其发送到天线上,可将接收到的信号质量提高至原来的数十倍。

(4) 5G网络切片技术

5G网络切片技术的主要特点在于提供安全、可靠、高效、稳定的通信通道。这一技术能够根据不同业务需求进行划分,包括生产大区切片以及管理大区切片。生产大区切片主要针对各类大规模物联网(mMTC)和非实时低延迟通信(uRLLC)以及增强移动宽带(eMBB)等业务,而管理大区切片则主要负责网络运维和业务管理。

在5G网络切片技术中,uRLLC切片是一个重要的组成部分。uRLLC切片具有高度可靠、低延迟的特点,使其在众多场景中具有广泛的应用前景。例如,在无人驾驶、工业自动化和远程医疗等领域,uRLLC切片能够为实时控制和数据传输提供稳定、高效的通信保障。含uRLLC切片的5G网络切片结构如图2所示。

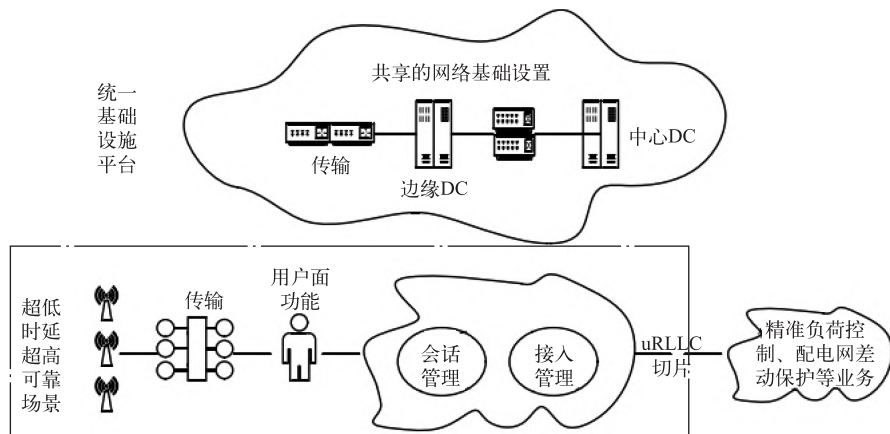


图2 含uRLLC切片的5G网络切片结构

3. 基于5G通信技术的配电网差动保护

在现代电力系统中,配电网差动保护的重要性

日益凸显。考虑到配电网差动保护在uRLLC(超可靠低延迟通信)场景下能实现更高效运作,5G通信

技术的应用为配电网差动保护带来了新的可能性。如图3所示，基于5G技术的配电网差动保护结构主要包括以下几个部分。

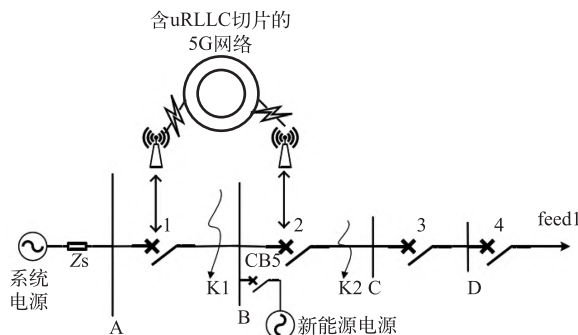


图3 基于5G的配电网差动保护结构

1) 继电保护装置。通过对电力系统进行实时数据测量，确保在故障发生时，数据能迅速传输，从而使保护装置能够准确动作，并及时切除故障。

2) 5G通信模块。负责将继电保护装置采集到的数据进行传输，与上层控制系统进行实时通信，为电力系统提供快速、可靠的通信保障。

3) 数据处理与分析单元。对接收到的数据进行处理和分析，实现对电力系统的实时监测，以及故障诊断和预测。

4) 控制与执行单元。根据数据处理与分析单元的判断结果，对电力系统进行相应的控制和操作。

仿真算例分析

1. 新能源接入仿真

新能源电源的接入可能会对配电网的继电保护产生影响，为了验证这一影响，本文设计了一个详细的仿真算例。

在仿真过程中，考虑了一个包含新能源电源的配电网系统。系统中的新能源电源类型丰富，包括风能、太阳能等，它们的容量和接入位置各不相同。通过改变新能源电源的接入位置和参数，旨在分析不同新能源接入方式对配电网继电保护特性的影响。

首先，分析了新能源电源的接入位置对继电保护的影响。结果显示，新能源电源的接入位置对继电保护的動作特性有显著影响。进一步研究了新能源电源的容量对继电保护的影响。

接下来，探讨了新能源电源接入对配电网短路

电流的影响。短路电流是评估配电网继电保护性能的重要指标，因此研究新能源电源接入对短路电流的影响具有重要意义。

此外，还分析了新能源电源接入对配电网故障电流的影响。故障电流是继电保护装置动作的依据，因此新能源电源接入对故障电流的影响引起了业内人士的关注。通过仿真计算，发现新能源电源接入对故障电流产生影响，进而影响继电保护的准确性。

2. 5G通信技术应用仿真

本节探讨5G通信技术在配电网继电保护中的应用，并通过仿真实验分析其对继电保护性能的改善效果。

首先，需要了解5G通信技术的基本特点。5G技术具有更高的数据传输速率和更低的网络时延，在实时性要求较高的场景中具有显著优势。此外，5G网络还能够连接海量设备，为物联网应用提供了广阔的空间。在配电网继电保护中，这些特点为故障检测、故障定位和保护装置的快速动作提供了有力支持。

为了评估5G通信技术在配电网继电保护中的应用效果，进行了仿真实验。在实验中，设定了一个假设场景：配电网已经部署了5G网络。通过对比采用5G通信技术和未采用5G通信技术时的继电保护性能，可以直观地了解5G通信技术对配电网继电保护的改善效果。

实验结果表明，采用5G通信技术后，配电网继电保护的性能得到了显著提高。具体表现在以下几个方面：

1) 故障检测和定位速度更快。5G通信技术的高速度和低时延特性使得故障检测和定位更加迅速，有效减少了故障处理时间，提高了电力系统的稳定性。

2) 保护装置动作更快速。5G通信技术为保护装置提供了高速、稳定的数据传输通道，使得保护装置能够快速准确地判断故障并采取相应措施，降低了故障对电力系统的影响。

3) 系统安全性提高。5G通信技术可以实现远程监控和控制，使得配电网的管理更加智能化和精细化。通过实时收集和分析系统数据，运维人员可以迅速发现安全隐患，并及时采取措施加以防范，

提高整个系统的安全性。

4) 设备连接能力增强。5G通信技术可以连接更多的设备,为配电网的智能设备提供了更多的发展空间。通过物联网技术,各类设备可以实现互联互通,进一步提高配电网的自动化水平。

3. 仿真结果与分析

通过仿真算例的分析,得出以下结论:

1) 新能源接入对配电网继电保护特性有显著影响。随着新能源电源接入位置的不同,系统短路电流和继电保护特性发生相应变化。因此,在新能源电源接入配电网时,需要对继电保护进行重新配置和优化。

2) 5G通信技术的应用能够有效改善配电网继电保护的性能。通过5G通信技术,可以实现高速、低延迟的数据传输,提高继电保护装置的动作速度和准确性。同时,5G网络的大量设备连接特性也为实现配电网的智能监测和控制提供了可能。

3) 在5G通信技术支持下,配电网的运行效率得到提升。通过5G网络实现对分布式能源和储能系统的集中控制、管理和调度,提高了配电网的运行效率和稳定性。

结束语

本文从新能源接入配电网的影响和5G通信技术两个方面分析了5G技术对新能源接入配电网继电保护的影响及优化。研究表明,5G技术的应用可以为新能源接入配电网提供更为稳定、可靠的通信保障,有效改善继电保护性能,提高配电网的运行效率。因此,进一步研究和探索5G技术在新能源接入配电网继电保护中的应用具有重要意义。

EA

(收稿日期:2024-2-28)

参考文献

- [1] 张娣. 分布式新能源接入配电网的继电保护研究[J]. 自动化应用, 2023, 64(17): 82-84.
- [2] 孙莎莎, 赵永, 舒晓欣. 考虑新能源接入的配电网继电保护定值校正方法[J]. 自动化应用, 2022(8): 94-97.
- [3] 王献志, 赵宇皓, 周雪青, 等. 考虑新能源接入的配电网继电保护研究[J]. 电子器件, 2021, 44(2): 339-345.
- [4] 刘耀兵. 分布式新能源接入配电网的继电保护研究[J]. 数字通信世界, 2018, (10): 244-245.

