

# 5G 技术在智能分布式馈线自动化中的应用

王东林 田 成 易 畅

(国网湖北技培中心(武汉电力职业技术学院) 武汉 430070)

**摘要** 在 5G 网络技术被广泛应用的背景下,我国电力事业也应顺应时代的发展趋势,在创新优化智能分布式馈线自动化系统时,加强对 5G 技术的应用,促进配电自动化的进一步发展,提高配网故障的处理质量和效率,为用户提供更加优质的供电服务。文中基于 5G 技术的特点和应用优势,详细分析了智能分布式馈线自动化系统的运行原理,重点阐述了 5G 技术在配电自动化中的应用方法及发展前景,旨在提高配电网的安全性和可靠性。

**关键词:** 5G 技术;智能分布式;馈线自动化

**中图分类号** TN929.5

## Application of 5G Technology in Intelligent Distributed Feeder Automation

WANG Donglin, TIAN Cheng and YI Chang

(State Grid Hubei Technical Training Center (Wuhan Electric Power Vocational and Technical College), Wuhan 430070, China)

**Abstract** In the context of the wide application of 5G network technology, China's electric power industry should also conform to the development trend of the times. When innovating and optimizing intelligent distributed feeder automation systems, strengthen the application of 5G technology, promote the further development of distribution automation, improve the quality and efficiency of distribution network fault handling, and provide users with better power supply services. Based on the characteristics and application advantages of 5G technology, this paper analyzes the operation principle of intelligent distributed feeder automation system in detail, and focuses on the application method and development prospect of 5G technology in distribution automation, aiming to improve the safety and reliability of distribution network operation.

**Key words** 5G technology, Intelligent distribution, Feeder automation

## 0 引言

智能分布式馈线自动化技术是对传统配电自动化技术的升级和改良,其故障处理能力更强,能达成毫秒级故障自愈的目标,但对终端通信有着较高的要求。将 5G 技术与智能分布式馈线自动化技术联系起来,能有效弥补传统光纤通信技术的不足,降低投资成本,提升配网自动化运行水平,助推电网系统的高质量、高效率发展。

## 1 5G 技术概述

### 1.1 5G 技术的特点

#### (1) 高速度

5G 通信技术是 4G 技术的升级版,该技术的运行速度可达 20 Gbps,最低运行速度约为 1 Gbps,而 4G 技术的最高运行速度为 1000 Mbps,这意味着相同大小的文件和信息数据,利用 5G 技术能更快地完成处理。超高的下行速度,为智能分布式馈线自动化系统的发展创造了巨大的空间<sup>[1]</sup>。

#### (2) 低延迟

4G 技术的网络延迟约为 40 ms,而 5G 技术的延迟只有 1 ms。由于智能分布式馈线自动化系统对低延迟的网络连接有着较高的要求,因此将该技术应用到配电网自动化系统中,有利于及时排查出潜在的故障隐患,为电网的稳定运行提供有力的技术支持。

#### (3) 大容量

大容量是 5G 通信技术最显著的特点之一,这种技术融合了 MIMO、毫米波等多种现代化技术,拥有丰富的频谱资源,可以在不同的空间、相同的时间内,为大量的用户提供高质量的通信服务,缓解网络拥堵等不良现象,处理更多的用户与设备。

### 1.2 5G 技术的应用优势

#### (1) 支持大规模设备连接

传统移动通信技术会受到较多的限制,其中连接设备的数量较少,是导致智能分布式馈线自动化系统运行效率较低的关键原因。5G 通信技术能同时将大量设备连接到

网络中,实现各种设备在物联网中的互通互联,为配网自动化的高水平发展提供新的方向和路径<sup>[2]</sup>。

### (2)提升网络的可靠性

智能分布式馈线自动化系统由各种软件系统和硬件设备组成。软硬件系统在运行过程中,需要通过网络传输信息数据,以及时识别故障、判定并隔离故障,而通信网络运行的稳定性和可靠性,直接关系到故障的处理效率及供电质量。将5G技术与智能分布式馈线自动化系统有机结合起来,不仅能覆盖更多的配电网,还有利于提高网络的可靠性,为终端之间的高效通信奠定基础。

### (3)降低运营成本

在电力工程领域,5G技术在成本方面展现出了巨大的优势。利用5G网络的高速率和低延迟特点,电力企业能为用户提供质量更高的服务。现阶段,我国配电网主要应用光纤通信技术,这种技术的弊端较多,如光纤敷设难度大、施工成本高、无法大规模应用等。电力企业不仅需要投入大量的资金资源用于光纤建设,还无法起到良好的通信效果。而基于5G技术搭建智能分布式馈线自动化系统,不仅可以降低敷设成本及投资成本,还能降低后期运维成本,为电力企业获取更多的经济效益和社会效益<sup>[3]</sup>。

## 2 智能分布式馈线自动化系统的运行原理

### 2.1 主要功能

智能分布式馈线自动化系统(Feeder Automation, FA)的主要功能是处理故障,在移动通信网络的支持下,保护终端之间的信息传输和实时共享,通过对故障的精准识别和判断,可以及时隔离故障,确保非故障区域能在最短时间内恢复正常的供电状态。同时,FA系统还能将故障类型及处理结果共享至配电主站,在短时间内完成故障区域的识别、隔离与恢复。

### 2.2 信息交互

FA系统的故障处理功能的实现,离不开拓扑结构,这种技术结构具有对等通信的特征,即系统中两个相邻的保护终端,可以通过拓扑结构展开高效的对等通信,实现信息共享和交互。FA系统的信息交互模型如图1所示。

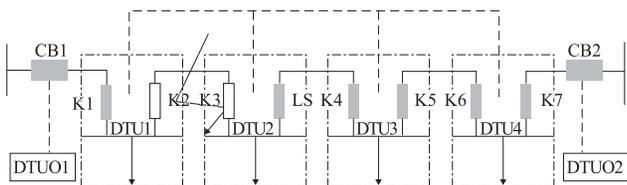


图1 FA系统的信息交互模型

### 2.3 故障定位

当线路出现故障问题后,需要对故障电流的具体情况进行诊断。当开关中的电流值大于过流保护定值时,可确定为开关故障,且本节点会自动触发故障信号,以过流状态的形式长时间保持,为故障定位创造有利条件<sup>[4]</sup>。智能分布式馈线自动系统的故障定位逻辑如下。

(1)当闭合开关出现相间短路故障问题后,若该节点左侧相邻的闭合开关均不存在相间短路故障,则判定左侧节点为故障位置。闭合开关的右侧故障定位逻辑与左侧相同。

(2)在闭合开关不存在相间短路故障的情况下,若该节点右侧的相邻闭合开关中有1个开关存在相间短路问题,则判定右侧节点为故障位置。左侧节点的故障定位逻辑与右侧相同。

以图1为例,当K3与K4之间的节点存在相间短路故障,经检测确定K3节点的电流值高于保护定值时,该节点就会将故障信号自动发送到K4中,而K4会将故障信号发送给K5,以此类推。在判断故障位置的过程中,若K3的故障问题存在于合位开关中,且节点中最接近右侧的闭合开关处于正常状态,未发生故障,就可以判定K3的右侧是主要故障区域。K4经过检测后,若合位开关未见故障问题,则代表线路中有且仅有一处存在故障,即闭合开关K3,据此可以确定K4的左侧为故障区域。

## 2.4 隔离恢复

智能分布式馈线自动化系统的故障隔离恢复逻辑,体现在以下几方面。

(1)配电网闭合开关的故障隔离逻辑为,若相间短路故障点存在于右侧节点或左侧节点,应进行隔离。若不在这两个节点中,则无需隔离。

(2)确定相间短路故障在闭合开关的左侧节点后,有两种故障隔离方式。1)跳闸隔离。即精准识别出相间短路故障问题后,进行跳闸处理。当闭合开关的远动通信数据的开关量顺利复归后,联络开关就会顺利接收到故障成功隔离的信息。2)闭合开关本身不存在相间短路故障,故障点位置属于非分支开关,则无需进行隔离操作。若闭合开关的位置在非分支开关区域中,且开关本身不存在相间短路问题,则可采用第一种故障隔离形式。

例如,当图1中的K2节点与K3节点中间产生相间短路故障问题时,通过对K2故障问题的识别,可确定电流值与过流保护定值存在较大的差异,且前者大于后者时,该节点就会将故障信号传输至相邻开关中。当故障信息送达K3后,K3会将故障信号共享至相邻开关。在选择故障隔离方式的过程中,由于K2本身存相间短路故障,但该节点的右侧区域未见故障,可以确定故障位置在K2右侧。在这种情况下,应直接进行跳闸隔离,当远动通信数据的开关量复归后,上游开关节就能顺利接收到故障隔离完成的信息。通过对K3的检测,可以明确该节点不存在相间故障,有且仅有一个故障节点(即K2),则判定故障位置在K3的左侧,此时应进行保护性跳闸。

## 3 智能分布式馈线自动化系统中的5G技术应用要点

### 3.1 跨网传输

配电终端在传输信息数据的过程中,若想实现高效率、

低延迟的目标,就需要合理应用通信技术。由于5G通信技术的形式较多,因此需科学选择适合配电终端的技术形式。以GOOSE为例,其核心是IEC61850。作为5G技术的重要组成部分,GOOSE技术的时延较低,且在P2P的作用下,其信息传输的安全性、可靠性及时效性能得到较好的保证。在配电网的跨网传输中,主要的应用方法为,将5G移动终端以“点多面广”的形式安装到各个设备中,为配电终端的信息交互搭建桥梁和纽带。为强化跨网通信的效果,还应引进over UDP通信协议栈,如图2所示。实践证明,将5G技术融入智能分布式馈线自动系统中,能使配电网实现跨网传输<sup>[5]</sup>。

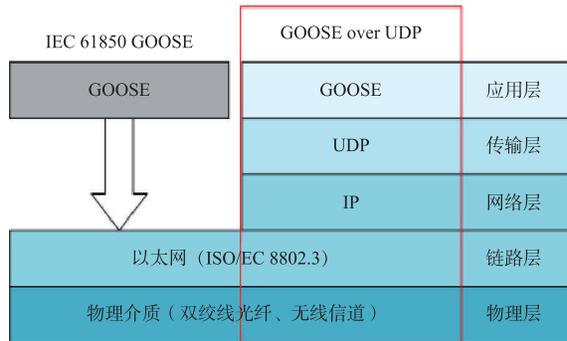


图2 GOOSE通信协议栈的结构框架

### 3.2 故障隔离

基于5G通信技术的智能分布式馈线自动化系统在运行过程中,由于5G网络的时延较低,因此线路不会受到通信时延的干扰,以保障系统的稳定运行。但若系统存在故障,则需根据5G技术的优势特征,综合选择隔离方式。以单相接地故障为例,若某线路发生这类故障时,系统内的各个设备需要通过5G网络紧密联系在一起,在传输故障信息的过程中,需准确识别和判断故障点,以最快的速度对故障段进行隔离处理,将故障问题引发的停电事故控制在最小范围内。

### 3.3 故障模拟

在创新优化智能分布式馈线自动化系统的过程中,通信技术的选择有着重要的影响。为强化故障隔离的效果,将停电事故控制在最小的范围内,需要进行线路故障模拟,根据模拟结果选择通信技术。例如,某电力公司展开了5G智能分布式馈线自动化系统的故障模拟,对环网箱1与环网箱2中间的线路连续展开了30次故障模拟。在这一过程中,故障搜索时间设定为30 ms,在该技术参数下,针对5G分布式馈线自动化系统的故障检测和处理的准确率达到100%。在相同的技术条件下,对基于4G的分布式馈线自动化系统进行故障检测后,发现仍存在动作误动的问题,将故障搜索时间从30 ms调整至40 ms后,动作误动问题未能解决。可见,相较于4G通信技术,5G技术的应用效果更好。

## 4 5G技术在智能分布式馈线自动化系统中的试验论证

### 4.1 试验方案

在试验论证5G技术在智能分布式馈线自动化系统中的应用效果时,试验的对象和内容如下。当线路发生故障后,监测系统的开关动作逻辑、开关失灵动作逻辑以及通信中断开关动作逻辑。在设计试验参数时,将线路故障电流定值与故障搜索时间分别设定为5A、40~50 ms,且联络开关采用GOOSE通信协议。额定相电压设定为57 V,压定值是其的70%。

### 4.2 试验结果

经过合理的试验论证,能得出以下结论:以5G通信技术为核心的智能分布式馈线自动化系统的开关动作逻辑符合规范要求,开关动作时间合理,符合预期。在变电站作出口开关动作之前,系统还能一次性完成故障的识别、定位、隔离以及供电恢复。

## 5 基于5G技术的智能分布式馈线自动化系统的发展前景

在我国配电网的发展过程中,数字化是主要的发展趋势和方向。在这种背景下,5G智能分布式馈线自动化系统在故障隔离及非故障区域的恢复中,应持续加大对新型技术手段的应用力度。基于5G技术的分布式馈线自动化系统可以弥补传统光纤通信的不足和欠缺,为我国电力事业的长效健康发展提供动力。

## 6 结语

5G技术的快速发展,促进了我国电网的转型升级,在这一时期,将5G技术与智能分布式馈线自动化系统有机结合起来,是配电网实现能源互联网高质量建设的核心措施。采用“5G+智能分布式馈线自动化”的模式,有利于提高故障识别的准确性,控制停电范围,缩短停电时间,保障社会生产生活的用电需求,促进社会经济的可持续发展。

### 参考文献

- [1] 周可慧,唐海国,李红青,等.基于5G网络的智能分布式馈线自动化应用探讨[J].湖南电力,2021,41(5):63-67.
- [2] 徐溯,张际,刁杨华,等.5G通信技术在智能分布式配电自动化中的应用[J].中国新通信,2021,23(20):15-16.
- [3] 姜炜超,沈冰,李昀,等.基于5G的含分布式电源智能分布式馈线自动化实现方法[J].供用电,2021,38(10):57-63.
- [4] 钱肖,温彦军,张文杰,等.基于无线通信的智能分布式馈线自动化技术[J].电力工程技术,2021,40(3):135-140.
- [5] 刘腾飞,叶丛林,朱建磊,等.基于5G通信技术的智能分布式配电自动化系统可行性[J].农村电气化,2021(1):53-54.