

基于4G/5G物联网技术的无线组网选线系统在配电网的应用及展望

童雪燕¹, 吴桂林²

(1. 安徽合凯电气科技股份有限公司/上海合凯电气科技有限公司, 安徽 合肥 230000;

2. 湖北三宁化工股份有限公司, 湖北 枝江 443206)

摘要: 配电网是电能输送过程中的最后一个环节, 是电力系统的重要组成部分。在配电网运行的过程中, 确保其安全、稳定的运行, 是保障企业正常生产的前提, 具有重要的意义。物联网 (IoT) 正在改变人们的生活和工作方式。除了每天使用的智能设备之外, 物联网正在彻底改变企业的运营方式, 让其变得更快、更智能、更安全和更高效。基于 4G/5G 物联网技术的无线组网选线系统能够对线路运行状态、故障等进行在线监测, 对故障回路进行准确的定位和指示, 实现了配电网运行的过程监管, 有效地提高了线路运行的可靠性, 提高了企业的运维效率。

关键词: 4G/5G 物联网; 配电网; 在线监测; 可靠性

Application and prospect of wireless network line selection system based on 4G/5G Internet of Things technology in distribution network

TONG Xueyan¹; WU Guilin²

(1. Anhui Hekai Electric Technology Co., Ltd./Shanghai Hekai Electric Technology Co., Ltd., Hefei 230000, China;

2. Hubei Sanning Chemical Co., Ltd., Zhijiang 443206, China)

Abstract: Distribution network is the last link in the process of power transmission and an important part of power system. In the process of distribution network operation, ensuring its safe and stable operation is the premise of ensuring the normal production of enterprises. The Internet of things (IoT) is changing the way people live and work. In addition to the smart devices we use every day, the Internet of things is revolutionizing the way companies operate - making them faster, smarter, safer, and more efficient. Based on the technology of 4G/5G Internet of things, the wireless network and line selection system can monitor the line running state, fault and so on, locate and instruct the fault loop accurately, and realize the process supervision of distribution network running, effectively improve the reliability of line operation and improve the efficiency of enterprise operation.

Key words: 4G/5G Internet of Things; distribution network; on-line monitoring; reliability

0 引言

对于生产型的化工企业, 供电连续性、可靠性和安全性要求较高, 如果发生停电事故, 对企业正常生产会造成不可估计的损失。当系统发生

单相接地故障时, 按照电力系统规程单相接地故障可以带故障运行2 h, 但是单相接地故障引起相电压的升高, 有可能导致绝缘击穿造成事故扩大, 甚至发展成相间短路, 对系统运行安全性造

成更大的危害,因此必须快速地查找出故障线路并加以排除。

某化工企业东区10 kV各配电室的小电流选线装置品牌杂乱,通信协议转化难,通信协议互相不兼容,并且小电流选线装置未接入该企业的电力调度系统,当发生单相接地故障时不能准确判断故障支路,调度人员不能第一时间收到报警信息,并通知运维人员进行下一步故障处理,导致进一步扩大故障的几率增加,以致引起大面积的停产停电事故。原选线装置采样准确度低,联动选线的故障逻辑算法复杂,导致选线不准未能及时准确地查找故障线路,发生故障时还是采用人工拉路这一传统的方法来查找故障线路,效率低下导致故障由单相接地演变成相间短路事故可能进一步加大,对该企业的连续性供电可靠性和经济效益造成了很大损失,同时也耗费了更多人力和物力。

随着配电网线路入地率的提高,聚乙烯交联电缆线路的比重随之增大,在接地大电弧和高幅值的弧光接地过电压的作用下,大大加速了故障的发展。一旦系统发生单相接地故障,少则数秒钟多则十几分钟就会发展成为相间短路事故。原有小电流选线不准,人工拉路选线来不及,致使单相接地故障跳闸率大幅度提高。谐波干扰、电磁环境和高频大电流可能破坏小电流选线的工作条件导致选线不准,一旦发生单相接地故障,

为了在单相接地时迅速选出故障线路,降低事故持续时间,缩小事故范围,组网式高准确度快速选线装置必须在接地故障时迅速选出故障回路,并通知运行人员进行下一步处理。因此选择选线准确率高、抗干扰能力强的小电流选线装置十分必要。

基于以上种种原因,该企业采用了合凯公司研制的基于4G/5G物联网技术的无线组网选线系统(SHK-WLS2),巧妙地解决了谐波干扰、电磁环境和高频大电流问题,可以在各种恶劣环境下实现选线准确率100%,支持多种通信规约的兼容,能与变电站综合自动化系统进行远程数据交换。

1 传统小电流选线装置存在的问题

1.1 目前市面上一般选线方法

市面上传统的小电流选线装置存在选线准确率低的缺陷,不能准确选出故障线路,仍需靠人工拉路选线的方法,降低了供电可靠性。

关于配电网单相接地故障的选线算法,大致可以分为四大类,如图1所示。

影响选线准确度的因素主要是中性点的运行方式和故障特征量的大小。选线装置的启动一般要借助于对零序电压的监测,一旦零序电压超过预期限制,选线程序才会启动。而故障大多是渐进发展的,故障过程中可能在最初的暂态过程发

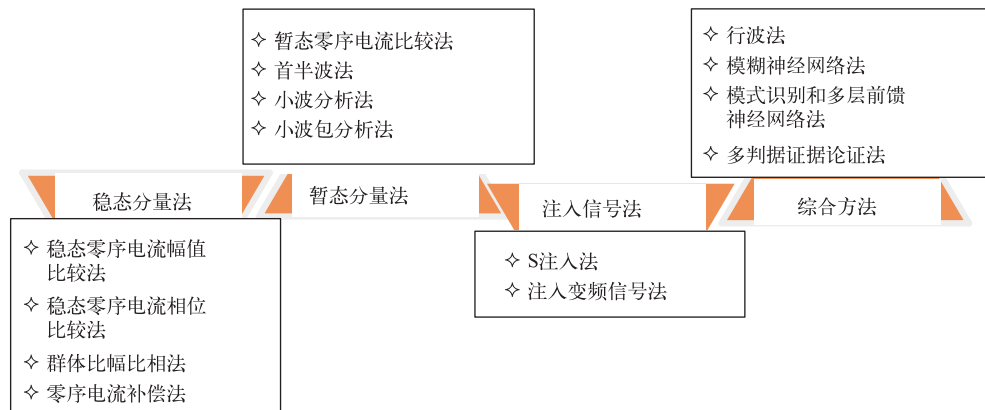


图1 接地故障选线算法分类图

Fig. 1 Classification diagram of grounding fault line selection algorithm

生一段时间后零序电压才越限，选线程序才刚刚启动，而此时记录的暂态波形不一定能满足暂态信号选线的要求。同时，三相电流合成的暂态信号的幅值比稳态信号更高，信噪比也更高。

因此，这些算法受众多因素的影响存在局限性，使得选线准确率和时间都得不到保证。

1.2 选线不准的原因

1) 小电流选线厂家技术参差不齐，选线方法单一，无法满足实际的工况。

2) 小电流选线装置采样准确度不高，导致采样误差大，影响选线准确率。

3) 小电流选线装置厂家服务跟不上，导致产品在投运后的维护、异常处理以及升级服务方面得不到保障。

4) 小电流选线的安装调试未受到足够的重视，往往由于现场零序TA的准确度以及安装方式导致线路的零序电流无法被准确地采集。

5) 多级的电力系统，多台选线同时启动选线，无法分辨最终故障线路。

2 4G/5G物联网技术的无线组网选线系统

2.1 4G/5G物联网系统

某化工企业致力于智能化的发展建设，为满足各智能项目的通信需求，该企业完成东区无线4G/5G专网的建设。通过1个总站+12个分站+1个移动站，共13个配电室，实现东区各个配电室及盲点的全覆盖，实现了该化工东区的智能化和高效化。4G/5G专网系统主要由核心网、网管系统、基站和CPE终端组成。

(1) 核心网

主要提供签约数据管理、鉴权管理、移动性管理、会话管理、承载管理及数字集群业务等相关功能。

(2) 网管系统

位于网络层，负责管理基站、核心网网元、宽接终端设备（CPE）和业软设备（调度机、录音录像服务器、专网用户和设备管理平台），包括集中配置管理、集中告警管理和集中性能管理

等EMS层级的操作维护中心，还包括单点维护工具、网元日志离线分析工具等工具级别的解决方案。

(3) 基站

采用分布式基站系统架构，最大程度地实现了部件共享。系统由BBU和RRU两个基本功能模块构成，采用射频模块拉远技术，形成可以独立安装、扩容和演进的基站解决方案，以适应各种网络建设需求。

(4) CPE终端

一款基于TD-LTE的无线路由器，通过CPE终端可接入到IP网络，完成各种数据的业务传输。

2.2 无线组网选线系统

无线组网选线系统是带远程通信的选线定位系统，该系统集电压电流测量、故障监测、故障录波和定位/指示等功能于一体，与配电选线定位主站通信完成配电网线路的运行状态监测、故障监测与指示等功能。在线选线定位系统具有高稳定性、高安全性、功能完善、抗干扰能力强和故障定位准确等优势，进一步提高了故障巡线的效率，缩短了故障停电的时间，保障了线路的安全稳定，同时也减少了人力资源的浪费，降低了企业的经济损失。主要实现的功能如下：

1) 小电流接地故障监测与指示功能。实时在线监测系统电压和馈出线回路的零序电流，对数据采样的可信度进行全面分析，在此基础上，使用多重判据模糊推论综合选线方法，综合首半波基波比幅比相法、最大增量法、智能高次谐波法和基波有功功率比较法等八种选线方法，针对不同状况进行选线判定，从而实现系统综合选线，能够识别系统单相接地、系统短路、系统谐振和TV断线等多种故障状态，并在发生单相接地故障以及短路故障时，准确判定故障线路，并将故障信息传送至后台，方便运维人员进行故障隔离，恢复系统正常供电。

2) 运行状态监测功能。实时在线监测系统三相电压、各馈出线回路的零序电流等运行信息

以及主供电源、后备电源等状态信息，并将以上信息上送至主站。

3) 线路故障手机App推送。手机App不仅可以接收管控平台推送的预警信息和设备报警信号，更能够接收所有选线装置的实时运行数据、历史故障记录（1 000条事件记录）以及发生故障时的故障录波等信息。

4) 规模不受限制。一个工程下最多可以安装255台选线装置，组成一个虚拟局域网。

5) 选线速度快。最快可以在20 ms之内准确地选出故障线路，配合专用跳闸模块可以快速地对故障线路进行隔离。

6) 微信推送。通过扫码关注并授权之后，用户可以指定微信账号用于接收故障信息，在系统发生接地故障时，在10 s之内可以接收到故障信息和故障线路。

7) U盘接口。装置带有U盘接口，可以方便用户将故障录波数据导出，导出数据为标准的

Comtrade99录波文件格式。

3 4G/5G物联网技术的无线组网选线系统的应用

4G/5G物联网技术的无线组网选线系统是由一系列安装在配电线路上的无线采集单元和无线汇集单元构成，无线采集单元实时采集线路运行状况，并通过微功率通信发送数据（三相电压、回路零序电流、故障回路电流、主供电源和后备电源等信息）到无线汇集单元。无线汇集单元无线模块连接CPE发出的WiFi信号并接入至4G/5G无线专网，将采集到的数据传送至控制网络内的配电定位主站。

3.1 网络拓扑图

无线组网选线系统主要有终端层、通信层和主站层组成，三层分别由不同的设备构成。该系统网络拓扑图如图2所示。

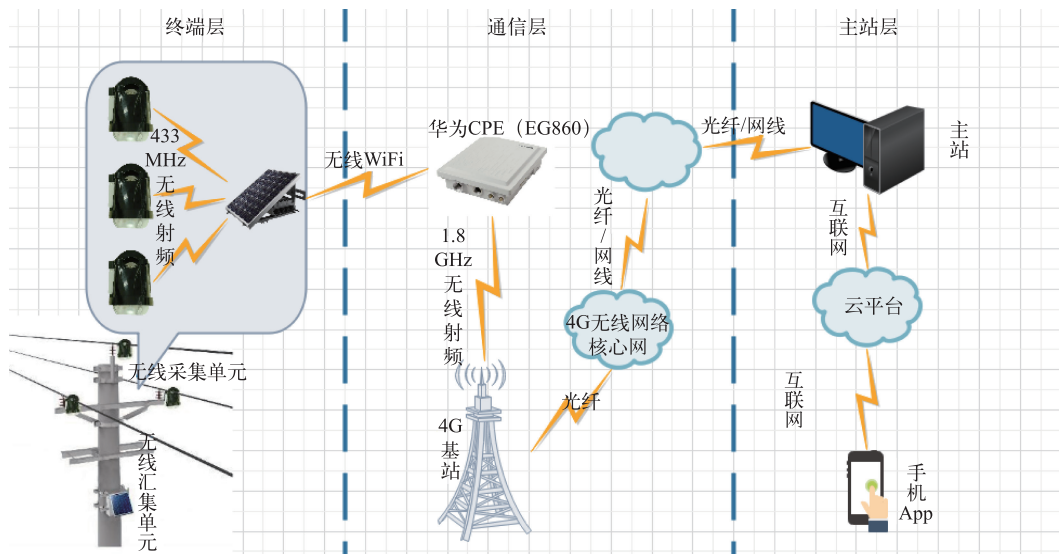


图2 网络拓扑图

Fig. 2 Network topology

3.2 设备配置及安装

3.2.1 SHK-WLS2 总站型无线组网选线系统

总站无线组网选线SHK-WLS2负责总站母线的故障线路定位；通过GPRS+4G/5G无线通信从云服务器获取分站无线组网选线装置选线信

息，计算分析出最终选线结果并上传至云服务器，同时将相关单相接地故障点信息上报给用户后台监控系统。

3.2.2 SHK-WLS2 分站型无线组网选线系统

负责分站选线数据采集预判，并将采集数据

信息通过GPRS+4G/5G无线通信方式传递至云服务器，由总站无线组网选线装置集中分析计算，确定分站母线故障线路的定位。

3.2.3 合凯云平台

负责汇总各选线装置数据信息及故障信息，通过手机App时时查看装置运行信息，并通过微信及时推送故障信息。

4 结束语

通过基于4G/5G物联网技术的无线组网选线系统在某化工企业的应用，实现了配电网线路的短路、接地故障的准确定位，实现了对线路的运行在线监测和报警功能，大大提高了供电可靠性，同时也减少了故障巡线人员的数量和巡线时间，提高了工作效率。下一步，将该系统扩展至其他区域的10 kV系统，最终实现全部配电网线路的智能在线监测。并对以后类似项目的实施具有指导意义，值得在配电网供电系统中广泛推广。EA

参考文献

- [1] 赵俊新. 配电网在线故障定位中物联网技术的运用[J]. 建材与装饰, 2020(6): 235-236.
- [2] 刘玉宝. 配网自动化故障定位问题的研究及应用[J]. 通信电源技术, 2019(12): 52-53.
- [3] 廖登伟. 配网自动化故障定位的问题研究及应用[J]. 通讯世界, 2019(8): 253-254.
- [4] 王瑞云. 煤炭企业6 kV配网线路故障的自动定位研究探讨[J]. 矿业装备, 2019(2): 105-152.

作者简介



董雪燕

董雪燕(1976—),女,高级机电工程师,高级电气工程师,从事电力系统短路电流超标、故障防控、电压暂降等方面理论数据分析、产品研制、科技成果转化及推广技术工作。

(收稿日期:2021-09-12)

(上接第60页)

- 证在线管理系统设计与实现[J]. 电工技术, 2020(18): 78-79, 82.
- [3] 黄海清,周健,董亚文,等. 综合能源微电网管理系统优化调度及能耗模式研究[J]. 电力需求侧管理, 2020, 22(5): 13-18.
 - [4] 燕艺谋,史志强,漆伟,等. 电力调度运行管理中的安全控制措施[J]. 技术与市场, 2020, 27(9): 170-172.
 - [5] 覃浩. 设备检修与电力调度自动化的发展趋势分析[J]. 电力设备管理, 2020(7): 26-28.
 - [6] 李婷,潘连荣,杨有慧. 配网调度集约化管理分

析[J]. 广西电力, 2020, 43(3): 49-52.

- [7] 路辉,张志生. 配网生产运行精益化管理应用体系研究[J]. 机电信息, 2020(2): 8-9, 11.

作者简介



罗微

罗微(1986—),女,硕士,工程师,研究方向为电气工程及其自动化。

(收稿日期:2021-09-10)