农网改造中配电网馈线自动化技术的研究

随着农村用电需求的快速增长，电力负荷突增、线路老化和绝缘降低等问题突显，严重阻碍居民生活和工业生产的正常用电。在农村智能电网建设过程中，馈线自动化建设作为农网改造工作的重要环节，不仅能够快速、准确地检测馈线线路故障，而且还能将故障区域与非故障区域进行隔离。

文/山东科华电力技术有限公司　刘杨涛

农网改造是贯彻党中央、国务院实施的农村电网改造、升级工作部署，对农村110 kV及以下配电网设备、线路和管理模式进行优化升级，为亿万农民提供更加稳定的供电服务，以此来保证他们生活和工作的正常运行。“十一五”规划纲要中明确指出，国家电网系统要大力发展“三新”农村电网发展战略，通过自动化手段建设智能型农村电网管理模式，推进农村电网的优化和改造工作，解决农村电网供电能力不足、设备故障频发等问题。

在智能电网建设的发展浪潮下，农村电网改造与智能电网管理模式相结合，通过馈线自动化技术（Feeden Autonation，FA）完成运行状态监控和线路开关远程控制等操作，从而实现配电线路的故障定位和自动隔离，确保农村电网输变电的可靠性、安全性。在农村智能电网建设过程中，馈线自动化建设作为农网改造工作的重要环节，不仅能够快速、准确地检测馈线线路故障，而且还能将故障区域与非故障区域进行隔离。本文基于农村电网改造背景对配电网馈线自动化技术展开深入研究。

馈线自动化技术实现原理

电网馈线是指在整个配电网中任意一条可以与网点相连接的支路总称，分为馈入支路和馈出支路两种呈现形式。随着我国互联网技术的开展，很多电力公司都已将自动化通信技术应用到电网馈线中，并且在电网系统运营当中起到重要作用。随着光纤通信技术的快速发展，电网馈线自动化技术呈现出一种高速发展趋势，并不断优化我国电力企业的供电系统，同时也让电网馈线自动化技术应用变得更为广泛。

馈线作为农村电网组成的基础设施，主要由各个馈出线路与馈入线路通过配网拓扑结构组成，负责配电网节点的支路连接，电源母线或配电设备通过馈线将电能传输至不同负荷的配电装置中。馈线自动化技术作为一种新型电网传输保护机制，在农村电网正常运行下，对馈线分段状态、配网电流和配网电压等状态进行实时监控。其实现原理是在馈电线路节点中设立监控装置单元（Feeder Terminal Unit，FTU），对电流负荷、无功功率、电压峰值和电气设备状态等进行实时监控，然后利用通信技术将数据信息传输至主机处理系统，通过数据处理技术判断出馈线运行的正常状态和故障状态。当系统获取故障信号时，可自动识别馈线故障的区段，然后通过馈线控制模块中的断路器设备，对该故障区域进行隔离处理（如图1所示），并及时对非故障区段进行供电恢复，从而弱化对非故障区域供电的影响。

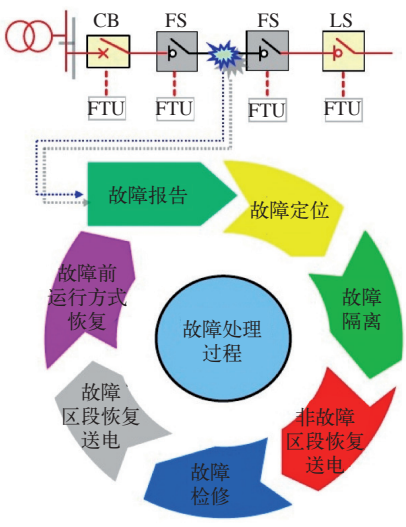


图1　馈线自动化处理示意图

馈线自动化关键技术的运用

1. 柱上配电自动化技术

柱上配电自动化技术是馈线故障处理功能的一种演变，该技术主要应用于户外配电柱中，电子元件包含电流互感器、断路器、绝缘系统和密封件等装置（如图2所示）。电流互感器装置可以进行短时电流试验，对馈线中局部放电量进行测量，如果发现馈线中的异常数据或故障信息可自动启用断路器装置，对故障区与非故障区进行有效分离，并且恢复非故障区的正常供电，将故障区的故障信息自动传回系统内，向工作人员进行风险预警提示，便于故障的及时检修。柱上配电自动化技术的实施和应用，可以准确地发现供电过程中的故障区域，并且自动上报维修信息，从而有效提升了维修人员的工作效率，缩短了电网维修的时间，降低因断电对用户生活造成的影响。

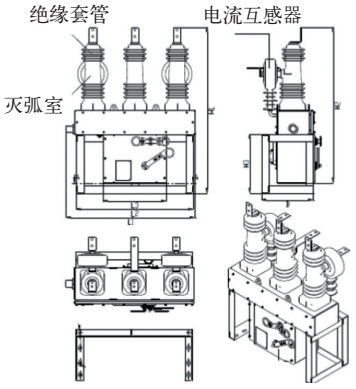


图2　柱上配电自动化元件示意图

2. 遥测、遥控自动化系统

遥测、遥控自动化系统主要由终端设备、GPRS通信模块和用户监控中心组成（如图3所示），采用远程监测、远程控制技术对农网馈线进行远距离测量和控制管理。终端设备由户外配电柱中的终端装置组成，对馈线温度、电压和功率等运行数据进行采集，然后利用GPRS通信传输技术对采集数据进行传输和提取，通过特定的通信接口向用户监控中心进行传送，然后由中心服务系统对采集数据进行状态校验和智能分析，从而判断馈线的故障区与非故障区，系统可根据故障状态和类型，依照业务逻辑和标准化操作规范，将远程控制指令和调试数据发送至终端设备进行控制处理。此外。该系统可以实时监测用户的用电情况，将用电情况自动上报到电力企业的服务支撑系统中，从而加强电力企业对用户供电的服务质量，让电力企业的发展可以更加的完善，以此提升客户的用电满意度。

馈线自动化建设与实施方案

1. 实施方案

本实施方案将运用馈线集中调控模式，遵循不停电或少停电原则，实现馈线故障的快速诊断、快速定位和快速隔离等操作，从而降低故障跳闸次数和故障波干扰。集中型馈线自动化方案，将设立中心服务系统，建立通信传输接口，在站内出线CB配置常规短路与零序保护，然后关键节点中设置分段点或采集节点，通过遥测、遥控自动化系统实现馈线运行状态的采集工作（如图4所示）。该配置方案的实施可准确判断故障区段位置和故障类型，并支持自动、手动两种故障隔离模式，从而恢复非故障区的正常供电。

馈线自动化处理流程如图5所示。馈线故障时自动跳闸，中心主站系统根据终端装置上传的故障信息，进行准确定位；获取故障区段位置和故障类型，由中心主站系统完成遥控隔离和非故障区复电。

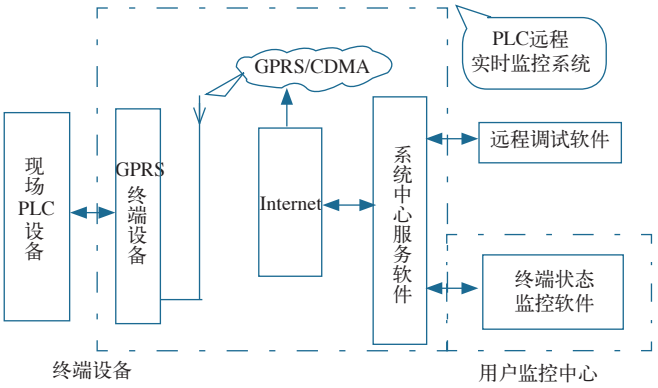


图3　遥测、遥控自动化系统架构图

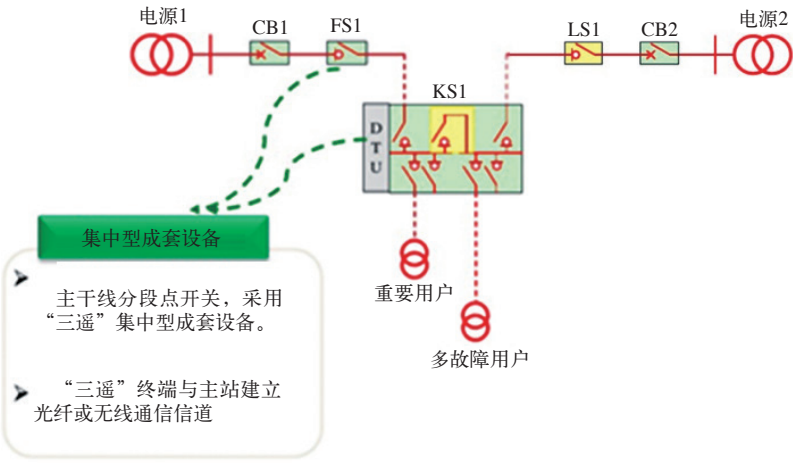
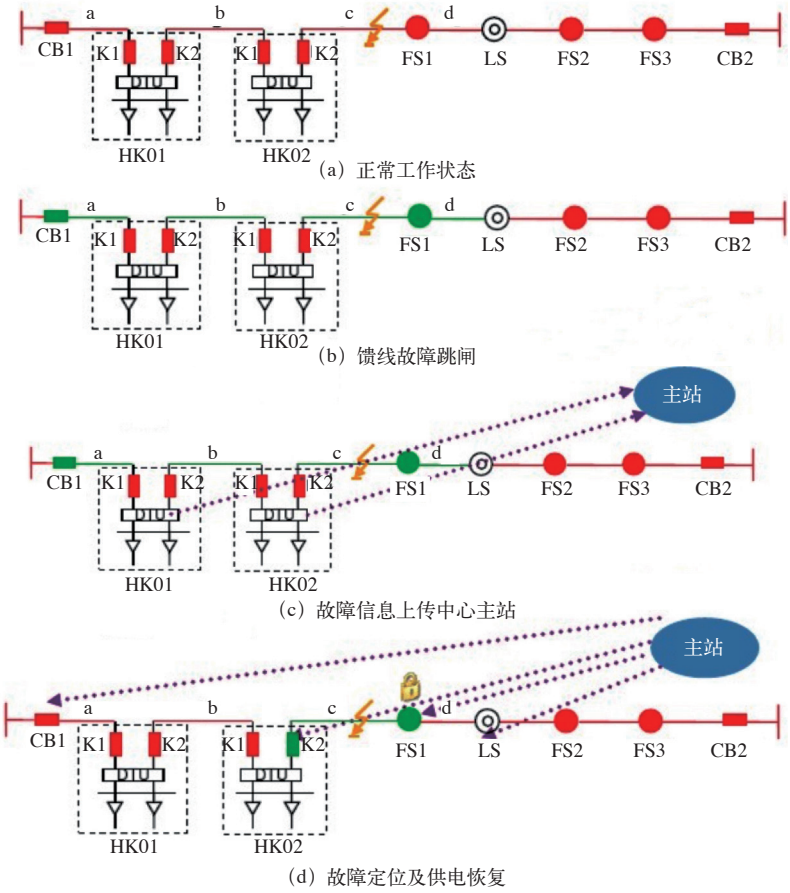


图4　馈线自动化配置方案



（a）正常工作状态

（b）馈线故障跳闸

（c）故障信息上传中心主站

（d）故障定位及供电恢复

图5　馈线自动化处理流程

馈线自动化技术的应用效益

该技术通过本地模拟测试后，应用于山东某地农网改造项目中，在6个月的实际运行中，有效提升了该区域内的供电质量和线路故障检修效率。因该技术采用真空灭弧介质，其性能稳定，可靠性高，免维护时间得到显著提升，其通信技术采用GPRS通信模块和故障定位技术，结构简单，设备成本较低，适合于农村、城郊等远距离故障信号传输，检修人员可快速、准确地到达故障区域进行修复处理，有效解决了传统检修模式的盲目性和延迟性。此外，分段式断路器设置作为本次设计的创新点，将主干线分为若干节点，其中一个节点发生供电故障时，其他邻近节点的断路器装置会自动切除和隔离，然后启用自动重合功能，通过测试数据得知，变电站内非永久性故障的开关重合成功率可达到91.5%，有效避免了故障节点对周边节点的影响，缩小了故障引发的停电范围。

以农村电网停电为例，故障停电的经济损失通常集中在居民生活和工业生产中。在此以实例损失进行经济效益计算。例如，某农村电网中一条12 km的输变电线路，假设负荷约为8 000 kW，线路中采用传统检修模式和老式开关装置，计算得出未实施馈线自动化改造的损失约为288万元/年。采用配电网馈线自动化技术，通过中心主站系统的遥测数据分析，运行期间平均故障率减少至0.1次/年，其检修时间缩短至2 h，因采用分段式故障隔离技术，断电故障影响范围缩短至4 km，因此，实施馈线自动化技术改造后，农村电网停电故障损失为11 997元/年，社会经济效益可直接提升286.8万元/年。在保障农网运行的可靠性和稳定性的同时，该技术还具有避免传统油气污染、电磁干扰等间接经济效益。

结束语

综上所述，农村电网的改造升级不仅限于农电企业规范、电力营销和素质工程的提升，还应着力于智能化农村电网的发展目标，运用自动化技术手段实现农村电能负荷计量和风险预测。“十三五”期间新一轮农电改造工程目标中明确指出，截止2020年，我国农村电网要构建为一个拥有先进技术、高可靠性和结构合理的智能化农村电网，从而满足农村电网用户的基本用电需求。为此，本文以农村电网可持续建设发展目标为原则，设计了一种配电网馈线自动化技术，希望能够为建设安全、可靠的农村电网提供有利帮助。EA