

# 浅谈配电自动化技术在农网系统中的应用

钟雄

国网江西省电力有限公司瑞金市供电分公司，江西省赣州市，342500；

**摘要：**随着农村经济的快速发展，对电力供应的可靠性和质量提出了更高要求。其中，配电自动化技术作为提升供电系统运行水平的关键手段，在农网系统中的应用逐渐广泛。本文详细阐述了配电自动化技术的构成，分析技术在农网系统中的具体应用，并提出相应的发展对策，旨在为推动农网配电自动化发展提供有益参考。

**关键词：**配电；自动化技术；农网系统；应用

**DOI：**10.69979/3060-8767.25.02.043

## 引言

近年来，随着国内农村经济的快速发展，农业现代化进程不断加快，农村地区的产业结构发生了显著变化。配电自动化技术是利用现代电子技术、通信技术、计算机及网络技术，将配电网实时信息、离线信息、用户信息、电网结构参数、地理信息进行集成，实现配电系统正常运行及事故情况下的监测、保护、控制和配电管理的现代化技术。近年来，随着科技的不断进步，配电自动化技术得到了快速发展，其功能不断完善，可靠性和智能化水平不断提高，为解决农网系统面临的问题提供了有效的技术手段。在现阶段，研究自动化技术在农网系统中的应用具有较为关键的价值和现实发展意义。

## 1 配电自动化技术构成以及应用优势

### 1.1 技术构成

#### 1.1.1 配电主站

作为整个配电自动化系统的核心，配电主站负责收集、处理来自各个终端设备的数据信息，实现对配电网的全局监控与调度决策。主站具备强大的数据存储、分析能力，能根据实时运行状态下达操作指令，协调配电网各环节有序运行。例如在用电高峰时段，依据负荷监测数据，合理分配变电站出线功率，避免线路过载。

#### 1.1.2 配电终端

配电终端分布于配电网各个关键节点，如开闭所、环网柜、柱上开关位置。包含馈线终端单元（FTU）、开闭所终端单元（DTU）、配变终端单元（TTU）等不同类型。FTU主要监测馈线的电流、电压、开关状态参数，实时向主站反馈线路运行情况，并可接收主站指令执行开关分合闸操作，快速隔离故障区段；DTU侧重于对开闭所内设备进行数据采集与控制；TTU则专注于监测配电变压器的运行工况，包括油温、负载率等，保障配变安全稳定运行。

#### 1.1.3 通信网络

通信网络是连接配电主站与终端的神经网络，确保

数据的高速、可靠传输。常见的通信方式有光纤通信、无线公网（如4G、5G）、电力线载波通信等。光纤通信具有带宽大、抗干扰能力强的优势，适合传输大量实时数据，多用于主站与重要节点间的骨干链路；无线公网覆盖范围广、组网灵活，方便偏远地区配电终端接入，但在数据安全性上需加强防护；电力线载波通信利用已有电力线路传输信号，成本较低，可作为辅助通信手段，满足一些对实时性要求不高的数据交互。

#### 1.1.4 馈线自动化系统

馈线作为配电网的关键之一，馈线自动化系统专注于对配电馈线进行智能化管理。它通过在线路关键位置安装智能开关设备（如重合闸、分段开关）和故障指示器，实现对馈线故障的快速定位、隔离以及非故障区域的自动恢复供电。当馈线发生故障时，故障指示器能够迅速检测到故障电流并向监控中心发出信号，智能开关设备则依据预设策略自动动作，将故障段隔离，同时恢复非故障段的供电，极大程度的缩短了停电时间和停电范围。

#### 1.1.5 无功补偿自动化系统

无功功率在配电网中的合理分配对于维持电压稳定、提高电能质量至关重要。无功补偿自动化系统通过实时监测电网的无功功率需求，自动控制无功补偿装置（如电容器组、静止无功补偿器）的投切，确保电网在不同负荷状态下都能保持合适的功率因数，稳定电压水平，减少线路损耗，提高电能的传输效率和质量。

## 1.2 配电自动化技术在农网中的应用优势

### 1.2.1 提高供电可靠性

传统农网故障排查与修复耗时久，故障发生后，人工巡检确定故障点往往需要较长的时间，这就会导致大面积停电时间延长。而配电自动化系统能快速定位故障区段，通过遥控操作将故障区域隔离，并及时切换非故障线路供电，整个过程可在几分钟内完成，大幅减少停电范围与时长，提升农村居民用电稳定性，满足农业生产、农村电商等对可靠电力的需求。

### 1.2.2 优化电能质量

农村地区存在大量季节性、冲击性负荷，如农忙时节的灌溉用电、农产品加工企业的用电设备启停等，易引发电压波动、谐波污染的电能质量问题。配电自动化技术中的无功补偿装置可自动根据电网电压、无功功率情况投切电容器组，实时调节无功潮流，稳定电压水平；谐波监测与治理设备能及时捕捉谐波源，采取滤波措施，保障电能质量符合国家标准，提高农村用电设备运行效率与寿命。

### 1.2.3 降低运维成本

以往农网运维依赖人工巡检，运维人员需定期巡视线路、设备，劳动强度大且效率低。配电自动化实现远程实时监控后，运维人员可根据系统报警信息有针对性地进行现场检修，减少不必要的巡检次数。同时，对设备运行状态的精准掌握有助于提前安排设备维护、更换计划，避免设备突发故障带来的高额抢修成本，从人力、物力多方面降低农网长期运维成本。

## 1.3 配电自动化技术应用面临挑战

### 1.3.1 建设投资成本高

在设备采购方面，为实现对配电网的全面监测与控制，需要购置大量的自动化设备，如馈线终端单元（FTU）、配电变压器终端单元（TTU）。这些设备的价格因品牌、功能和技术参数而异，以 FTU 为例，普通的 FTU 价格在 2000-5000 元/台，功能较为先进的 FTU 价格可达 8000-15000 元/台。并且 FTU 和 TTU 设备需要安装在配电网的各个节点，安装过程需要专业的施工人员和设备。据有关数据显示，FTU 的平均安装调试成本在 500-1000 元/台，这意味着仅安装调试 FTU 的费用就可能达到数十万元。

### 1.3.2 运维成本压力

在设备维护方面，由于农村地区的设备分布广泛，维护人员需要频繁前往各个站点进行巡检和维护，增加了人力和物力成本。据统计每年每台 FTU 的维护成本约为 500-1000 元，TTU 的维护成本约为 300-800 元。随着设备数量的增加，设备维护成本逐年上升。软件升级也是运维成本的重要组成部分。配电自动化系统的软件需要不断更新和升级，以适应新的技术要求和业务需求。软件升级不仅需要购买升级许可证，还需要专业的技术人员进行安装和调试，这也涉及到一定的费用支出。

## 2 配电自动化技术在农网系统中的具体应用

### 2.1 馈线自动化提升供电可靠性

在农网的配电馈线上安装智能分段开关和故障指示器，构建馈线自动化系统。当馈线发生故障时，故障指示器能够在瞬间检测到故障电流的流向，并将故障信号通过通信网络传送给监控中心。监控中心根据接收到

的信息，迅速确定故障位置。之后远程控制智能分段开关动作，将故障段隔离，同时自动合上联络开关，恢复非故障段的供电。通过这种方式，能够将停电范围缩小到最小限度，大大缩短停电时间，有效提升农网的供电可靠性。例如在某农业灌溉集中的区域，以往发生一次馈线故障可能导致整个乡镇大面积停电数小时，采用馈线自动化技术后，故障定位时间缩短至几分钟，停电范围控制在故障点附近的几个台区，停电时间减少到半小时以内，确保了农业灌溉的顺利进行，减少了农民因停电造成的经济损失。

### 2.2 无功补偿自动化优化电能质量

针对农网电压波动和无功功率不平衡的问题，安装无功补偿自动化装置。该装置通过实时监测电网的电压、电流、无功功率等参数，运用智能算法计算出当前所需的无功补偿容量，并自动控制无功补偿电容器组的投切。在用电高峰时段，当监测到电压偏低、无功功率不足时，及时投入适量的电容器组，补偿无功功率，提升电压水平；在低谷负荷时，若出现过电压或无功功率过剩的情况，则自动切除部分电容器组，维持电压稳定。以某农村工业集中区为例，在未实施无功补偿自动化之前，电压合格率不足 80%，谐波含量较高，企业生产设备频繁因电压不稳而出现故障停机。引入无功补偿自动化系统后，电压合格率提高到 95% 以上，谐波得到有效抑制，企业生产效率大幅提升，产品次品率明显下降，为农村工业的发展提供了可靠的电力保障。

### 2.3 远程监控与智能运维提高运行管理效率

利用配电自动化技术搭建农网远程监控系统，将分布在各个角落的配电设备运行状态实时传输到监控中心。运维人员无需再像以往那样频繁在现场进行巡检，只需在监控室内通过电脑屏幕或移动终端就能直观地查看设备的实时数据，包括电流、电压、温度、开关状态，及时发现潜在的故障隐患。一旦出现异常情况，系统能够自动提供相关预警信息，并提供故障诊断建议，帮助运维人员快速定位问题、制定解决方案。同时借助大数据分析技术，对农网运行历史数据进行深度挖掘，分析负荷变化规律、故障高发区域和时段等信息，为电网规划、设备检修、运维资源配置等提供科学依据，实现农网的智能运维，全面提高运行管理效率。

### 2.4 配电自动化技术在农网系统中的应用实例

#### 2.4.1 某地区农网配电自动化改造项目

某县为改善农村用电条件，启动大规模农网配电自动化改造工程，涵盖全县 10 个乡镇，涉及 300 多个行政村，旨在提升农网供电可靠性、优化运行管理。该项目以 10kV 配电线路为重点改造对象，计划分三期实施，逐步实现全县农网配电自动化全覆盖。

#### 2.4.2 技术方案与实施过程

在馈线自动化方面,选用具备智能控制功能的真空断路器、负荷开关等设备,间隔安装于线路关键节点,组成馈线自动化单元,实现故障自动隔离与恢复供电;通信采用光纤通信为主干,结合无线公网通信覆盖偏远区域的混合模式,确保信息实时传输;配电管理系统引入先进的DMS软件,集成地理信息、实时监控、调度指挥等功能,构建一体化运维管控平台。在具体实施期间,一期工程先在经济条件较好、用电需求迫切的3个乡镇试点,完成50条10kV馈线的自动化改造,搭建起区域配电自动化基础框架,同步建设通信网络与DMS平台基础数据录入;二期工程在总结试点经验基础上,向周边4个乡镇拓展,优化设备选型与系统配置,完善通信覆盖,加强运维人员培训;三期工程全面完成剩余乡镇改造,实现全县农网配电自动化互联互通,进行整体系统联调与优化,确保稳定运行。

#### 2.4.3 应用效果评估

完成改造后,全县农网平均停电时间从原来每年30小时大幅缩短至8小时以内,故障停电次数减少约60%。完成改造之后的夏季用电高峰,面对暴雨等极端天气冲击,农网系统凭借馈线自动化快速响应,大部分故障停电区域在15分钟内恢复供电,有力保障了农村居民清凉度夏和农业生产正常进行。在期间借助故障定位与隔离技术,故障排查时间从过去平均3小时缩短至30分钟以内,抢修人员可迅速精准赶赴故障现场,极大提高了抢修时效。据统计,因故障导致的停电损失电量较改造前降低了70%,减少了因停电给农户造成的经济损失。最关键的是在系统运行期间,自动化系统实时监控功能使电网设备潜在故障能提前预警,运维人员可根据预警信息有针对性安排检修,避免了传统定期巡检的盲目性,降低了人力、物力消耗。在此基础上远程操作功能减少了运维人员现场作业频次,每年运维成本较改造前节省约20%,实现了降本增效。最后,通过配电自动化系统对无功功率的实时调控与优化配置,全县农网电压合格率从改造前85%提升至95%以上,谐波含量显著降低,有效解决了低电压和电压波动问题,家用电器能正常稳定运行,提升了农村居民用电满意度。

### 3 促进配电自动化技术在农网系统应用的完善建议

#### 3.1 技术创新与优化

针对农村通信环境特点,在后续要持续加大科研投入,研发适用于偏远山区的低功耗、高增益、自组网通信技术,如基于LoRa或NB-IoT的无线通信方案,增强信号穿透能力,提高通信稳定性,确保配电自动化数据可靠传输;同时,优化通信协议,实现不同通信方式无缝切换与融合,提升系统通信性能。另外可以由行业协

会或权威部门形成引导,制定统一的配电设备通信协议、接口标准及数据模型,强制要求厂家执行,促进设备间互联互通;并进一步建立设备兼容性认证机制,定期对市场产品进行检测认证,为供电企业采购提供参考,降低系统集成难度与后期维护成本,推动配电自动化产业良性发展。

#### 3.2 管理与运维提升

在系统运行过程中供电企业应制定系统人才培养计划,定期组织运维人员参加配电自动化技术培训,并与高校、科研机构合作开展定向人才培养,引进高层次复合型技术人才。之后也要建立内部人才激励机制,对掌握新技术、表现优秀的运维人员给予奖励,提升运维队伍整体素质。在现代化技术逐渐渗透的后续,也要利用大数据、人工智能、物联网新技术,构建农网智能化运维管理平台。通过对海量监测数据深度挖掘分析,实现故障自动诊断与预警,智能生成运维计划与调度方案。此外,可采用移动终端技术,让运维人员实时接收任务指令、上传工作进展,提高运维协同效率,确保配电自动化系统高效运行,为农网系统的高质量运行提供坚实保障。

### 4 结语

综上所述,配电自动化技术在农网系统中的应用,对于提升农村电力供应水平、推动农村经济发展具有不可忽视的重要意义。虽然当前在应用过程中面临一些挑战,但通过加强农网基础设施建设、培养专业技术人才、拓宽资金筹集渠道以及其他措施,可以在技术落实中逐步克服困难,最终可以在系统运行中进一步发挥配电自动化技术优势,为广大农村地区提供更加可靠、优质、高效的电力服务,助力乡村振兴战略的全面实施。

#### 参考文献

- [1]石天琦,刘英阁.农网配电一体化工程中的自动控制技术分析[J].集成电路应用,2024,41(02):84-85.
- [2]张金亮.配电自动化技术在农网系统中的应用[J].新农业,2023(17):95-96.
- [3]王玉,史杰.农网配电自动化技术的应用[J].电子技术,2023,52(05):340-341.
- [4]房宜斌.基于配电自动化的农村配电网检修安全防护[J].农村电工,2022,30(10):41.
- [5]李郭威.配电自动化技术在农网系统中的应用分析[J].光源与照明,2022(06):178-180.

作者简介:钟雄,出生年月:1967年02月,性别:男,民族:汉,籍贯:江西省瑞金市,学历:大学本科,职称:助理工程师(技师),研究方向:农网配电。