

## 智能断路器在农村低压配网中的应用与维护措施

孙 飒

国网石家庄供电公司, 河北 石家庄 050000

[摘要] 长期以来, 农村低压配电网依赖人工巡检与手动操作, 智能化水平较低, 这导致了电网管理滞后供电稳定性不足。随着用电需求的持续增长与电力设备的老化, 传统配电网已无法应对日益复杂的电力需求。为此, 智能化改造被视为提升电网效率与可靠性的关键举措。作为智能电网的重要组成部分, 智能断路器凭借高效的故障诊断、隔离以及远程监控与管理功能, 显著减少了电力故障带来的损失, 增强了电网的自愈能力。与此同时, 智能电表等智能设备的协同作用, 使智能配网能够实时监控电力负荷, 优化电网的运行进而有效减少能源浪费。随着智能电网技术的不断发展与成熟, 智能断路器在农村低压配网中的应用, 逐步得到了广泛关注与实践探索。

[关键词] 智能断路器; 低压配网; 维护措施

DOI: 10.33142/hst.v7i11.14278

中图分类号: TM561

文献标识码: A

### Application and Maintenance Measures of Intelligent Circuit Breakers in Rural Low-voltage Distribution Networks

SUN Sa

State Grid Shijiazhuang Power Supply Company, Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

**Abstract:** For a long time, rural low-voltage distribution networks have relied on manual inspection and operation, with a low level of intelligence, which has led to lagging power grid management and insufficient power supply stability. With the continuous growth of electricity demand and the aging of power equipment, traditional distribution networks are no longer able to cope with the increasingly complex electricity demand. Therefore, intelligent transformation is regarded as a key measure to improve the efficiency and reliability of the power grid. As an important component of the smart grid, smart circuit breakers significantly reduce the losses caused by power failures and enhance the self-healing ability of the grid through efficient fault diagnosis, isolation, remote monitoring, and management functions. At the same time, the collaborative effect of smart devices such as smart meters enables smart distribution networks to monitor power loads in real time, optimize the operation of the power grid, and effectively reduce energy waste. With the continuous development and maturity of smart grid technology, the application of smart circuit breakers in rural low-voltage distribution networks has gradually received widespread attention and practical exploration.

**Keywords:** intelligent circuit breaker; low-voltage distribution network; maintenance measures

#### 引言

随着农村经济的迅速发展与居民生活水平的不断提高, 电力需求不断上升, 推动了农村电网建设与升级, 成为促进区域经济发展的关键基础设施之一。传统的农村低压配电网在供电可靠性、故障响应速度以及管理效率等方面, 存在诸多不足, 亟须得到提升。智能化技术的引入, 已成为提高电网运行质量的有效途径。作为电网智能化改造的重要组成部分, 智能断路器凭借其实时监控、故障检测与隔离等功能, 逐渐成为农村低压配电网的核心设备。通过智能断路器的应用, 不仅能够显著提高电力系统的供电可靠性, 还能够实现对电网的精确管理与灵活调控。

#### 1 智能断路器的工作原理

智能断路器是一种集成了数字化、通信及控制功能的先进设备, 基于传统断路器的基本工作原理引入智能技术, 故障检测、隔离、远程控制以及数据管理能力得到了显著增强, 通过内置传感器, 电流、电压、频率等关键运行参

数的实时监测得以实现。当电流异常或短路故障发生时, 智能断路器能够迅速作出反应自动切断电路, 从而有效防止故障的蔓延, 确保电网的稳定与安全, 智能断路器还具备自诊断功能, 能够通过分析设备运行数据评估其健康状态, 甚至在故障发生之前预测潜在的风险。通过通信接口信息得以在智能断路器与上级调度系统或远程监控平台之间交换, 进而实现对电网的远程控制与管理。操作人员能够实时掌握电网的运行状态, 显著提高了系统的响应速度与运维效率。

#### 2 农村低压配电网中应用智能断路器的作用

##### 2.1 快速故障检测与隔离

在农村低压配电网中, 智能断路器的快速故障检测与隔离功能至关重要。传统配电网在发生故障时, 通常依赖人工巡检并需要较长时间才能恢复, 导致停电时间过长, 进而影响用户的正常用电。而通过实时监控电网的运行参数, 智能断路器能够在毫秒级别内检测到电流、电压等异

常波动。当短路或过载等故障发生时,故障区域将被迅速切断,避免了故障的蔓延,减少了对其他区域的影响。内置传感器与智能算法的结合,使故障发生位置得以精确定位,从而实现了故障的快速隔离。借助这一功能,智能断路器不仅能够提高电网对故障的响应速度,还能有效避免对设备的长期损害,降低了故障修复成本。如此高效且精准的响应,不仅显著提高了配电网的安全性,还极大缩短了停电时间,从而提升了供电的可靠性。

## 2.2 远程监控与管理

智能断路器在农村低压配电网中的远程监控与管理功能,极大提升了电网运维的效率与可靠性。传统配电网的维护通常依赖现场巡检,故障排查与修复往往需要耗费大量的时间与人力,而借助内置通信模块,智能断路器能够将电网的实时运行数据通过无线网络传输至远程监控平台,调度中心或运维人员可以随时查看相关信息,无论是电流、电压波动,还是设备的健康状态,相关数据均可在监控系统上直观展示,从而便于及时进行分析与判断。若发现异常,运维人员便可通过远程操作对断路器进行控制,如远程断电或恢复供电,这极大减少了人工巡检及现场处理的时间,提升了应急响应速度。此外,智能断路器还具备自动生成运行报告与故障诊断报告的功能,支持数据存储与历史追溯,为电网的管理与决策提供了重要参考,确保了电力供应的持续性与稳定性。

## 2.3 提升电网的安全性与可靠性

智能断路器在提升电网安全性与可靠性方面,发挥着至关重要的作用,通过精准的故障检测与迅速的响应,智能断路器能够有效减少故障蔓延的风险。发生短路、过载或电流异常时,电路会迅速被切断,从而防止问题扩展到其他区域,避免大规模停电或设备损坏。同时,具备自诊断功能的智能断路器,能够实时监控电网的各项参数,通过对历史数据的分析预测潜在的故障隐患,并提前发出预警。此类提前识别与应对的能力,为运维人员争取了宝贵的反应时间,减少了突发事件的发生,智能断路器还支持远程控制与数据实时监测,确保运维人员能够随时进行调整与干预迅速解决问题。

## 2.4 智能化负荷管理与优化

智能化负荷管理与优化作为智能断路器在农村低压配电网中的关键功能之一具有重要作用,通过实时监控与分析电网负荷,智能断路器能够动态调整负荷分配,确保电力供应的平衡与稳定。负荷接近过载时,断路器能够自动识别这一风险并采取适当措施,例如调整负荷分配,或在必要时切断部分负载,从而有效减轻电力系统的压力避免故障发生。同时,智能断路器通过对数据的深度分析,能够预测不同时间段的用电需求,并据此优化电网的供电策略减少能源浪费。在负荷波动较大的情况下,例如农田灌溉或家庭用电,智能负荷管理能够平衡各负载的使用,

避免供电不稳定或在高峰期发生过载问题。

## 3 智能断路器的维护措施

### 3.1 定期检查与监控

定期检查与监控是确保智能断路器稳定运行的关键措施。尽管智能断路器具备自诊断功能及远程监控能力,人工检查依然必不可少,以确保各项功能的正常运作。检查内容应涵盖断路器内部电路、传感器、通信模块及电气连接等部件,重点检测潜在的磨损、腐蚀、接触不良等问题,监控系统应持续跟踪断路器的运行状况,记录故障信息、电流波动、电压稳定性等关键指标,从而为运维人员提供准确的设备状态评估。通过数据分析与现场检查的结合,异常设备能够及时被发现,避免因故障积累而引发更大损失。定期检查还应包括对软件与固件的更新,以确保智能断路器的算法与安全性得到持续优化,从而进一步提升设备的可靠性与运行效率。

### 3.2 故障诊断与修复

智能断路器的故障诊断与修复是确保电网持续稳定运行的核心环节。故障发生时,智能断路器会自动记录相关数据并生成故障报告,帮助运维人员迅速定位问题。依赖于断路器内置的诊断功能,系统能够通过实时监控电气参数(如电流、电压、频率等)分析并识别故障类型,例如短路、过载或设备故障。一旦故障源确认后运维人员可通过远程平台或现场操作进行修复,修复操作可能包括更换损坏的元件、修复接触不良的电路连接,或重新启动系统等。完成修复后,智能断路器将自动进行自检确认修复效果,并恢复至正常工作状态。

### 3.3 软件升级与数据备份

智能断路器的稳定运行离不开软件的持续优化与升级。随着技术的进步,新的功能、算法以及安全补丁的不断发布,定期进行软件升级变得至关重要。通过升级不仅能够提升设备的整体性能,还能增强故障诊断能力,优化负荷管理功能,进一步提高与其他系统的兼容性。软件升级通常由远程控制平台完成,运维人员无需到现场操作即可完成升级过程,从而显著提高工作效率。与此同时,数据备份在升级过程中也占据着不可或缺的位置,智能断路器的历史运行数据、故障记录及配置信息等必须定期进行备份,以防在软件更新或故障恢复期间出现数据丢失。定期备份的实施确保了设备能够顺利恢复并且通过数据追溯,任何异常操作后产生的问题均可被精确定位。

### 3.4 智能断路器的生命周期管理

智能断路器的生命周期管理是确保长期稳定运行的核心保障,从采购、安装到使用直至最终淘汰都应进行精细化管理。在设备选型与安装阶段,运维人员需根据电网的具体需求与断路器的技术参数,选定最为适宜的型号。安装完成后,智能断路器便进入运行阶段,设备的健康状况通过持续的数据监控与分析得以实时跟踪。基于这些运

行数据,运维人员能够及时进行必要的维护与修复,从而有效延长设备的使用寿命。定期检查、故障诊断、软件升级以及数据备份等管理措施,对于保障设备的长期稳定性至关重要<sup>[1]</sup>。生命周期管理还包括设备的退役与替换规划,在智能断路器接近使用寿命末期时必须提前进行评估,防设备老化带来故障或停运的风险,从而保障电网的安全运行。

#### 4 智能断路器在农村低压配网中的实施策略

##### 4.1 智能断路器的选型与配置

智能断路器的选型与配置在农村低压配网的有效应用中起着至关重要的作用,合适的智能断路器必须充分考虑电网的负荷特性及运行环境。在农村低压配网中,常常存在较大的负荷波动且设备运行环境复杂,可能面临严峻的温差、湿度和粉尘等挑战。基于这些因素断路器的防护等级、耐温性以及抗干扰能力应与当地的环境条件相匹配,方能确保设备在极端环境下的正常运作。在额定电流与断开能力方面,智能断路器必须与配电网的实际负荷相适应,不仅应能够承受常规的工作负载,还应具备足够的短路保护能力,确保电网在发生故障时能够迅速切断电源,从而避免故障进一步蔓延至其他区域。在配置上,智能断路器需具备支持远程通信的功能,以便与其他智能设备,如智能电表、监控系统等进行数据共享与实时监控,进而实现电网的智能化协同管理。考虑到农村地区可能面临网络信号不稳定或较弱的情况,智能断路器的通信模块应支持多种接入方式,如GPRS、LoRa或Zigbee等,这样即便在偏远区域,通信稳定性也能得到保障。

##### 4.2 配网设施的智能化改造

农村低压配网的智能化改造是提升电网效率与可靠性的关键举措,该过程要求对现有的传统配电设施进行全面评估与逐步升级,将智能技术渗透至配电网的各个环节,如智能断路器、智能电表及自动化开关,将逐步替代传统的人工操作,推动配电网向自动化监控、远程控制及故障诊断等方向发展。通过这一转型配电网的自愈能力得以提升,在发生故障时能够迅速检测、定位并隔离故障区域,从而缩短停电时间降低停电范围<sup>[2]</sup>。此外,智能化改造还能有效优化电网的负荷管理合理调度电能,避免过载现象的发生。智能化改造同样要求配套的通信网络得到加强,确保各智能设备之间能够高效实时地传输数据。鉴于农村地区的网络覆盖通常较弱,智能设备的通信方式需根据实际情况灵活选择。例如,LoRa或4G等技术可被采用,确保通信信号稳定传输。此外,这一过程还需考虑电网的长远发展,逐步构建智能电网平台,推动设备的互联互通与数据共享,为未来的电力调度、能源管理及新能源接入奠定坚实基础。

##### 4.3 与智能电表的协同应用

智能断路器与智能电表的协同应用在提升农村低压配网智能化水平中发挥着至关重要的作用。智能电表能够实时采集用户的用电数据,并通过网络将这些数据上传,为电力公司提供准确的电量统计与负荷分析。而智能断路器则承担着电网中的保护与控制职责,能够迅速隔离故障并调节电流负荷,两者的紧密协作显著提高了电网的管理效率与安全性。具体而言,智能电表在检测到用户用电异常时,通过与智能断路器的联动机制,电流能够及时被切断,避免因过载或短路引发更大范围的电力故障。同时,智能电表的远程通信功能使电力公司能够实时获取电网运行数据,从而实现远程监控与设备管理,减少了人工巡检需求,并加快了故障响应速度,通过两者之间的数据共享,电力公司能更加精准地掌握电网的负荷状况,进而进行负荷预测与优化调度,从而提升电网的运行效率与经济性。智能电表与智能断路器的协同应用不仅增强了电力供应的稳定性与可靠性,还为用户提供了更加智能化的用电体验,如智能计费与用电分析等服务,从而推动了智能电网的进一步发展。

#### 5 结语

智能断路器在农村低压配网中的应用,不仅体现了技术的进步更是提升电网管理效率与安全性的关键所在。借助其故障检测与隔离、远程监控与管理等功能,电网的可靠性与自愈能力得到了显著增强,故障停电时间得以缩短,负荷管理也得到了有效优化<sup>[3]</sup>。此外,与智能电表的协同应用使智能配网能够实现实时数据采集、负荷预测与智能调度,从而进一步提高电力资源的利用效率。随着技术的持续发展与完善,智能断路器在农村低压配网中的应用前景将愈加广阔。通过科学的实施策略与有效的维护管理,智能断路器不仅将在农村电网的现代化建设中提供坚实的支撑,还将大大推动农村地区电力供应的安全性、稳定性与高效性。

#### [参考文献]

- [1]李罗斌,江玉坤,司莺歌,等.智能断路器在农村低压配网中的应用与维护措施[J].科技与创新,2023(21):173-175.
  - [2]田乐.低压线路自动化监测终端技术研究与应用[J].广东省,广东佛电电器有限公司,2021(5):20-21.
  - [3]胡一帆,范伟松,斯荣,等.基于智能开关的配网电能质量监测及其分布式治理技术研究[J].电工材料,2021(2):16-18.
- 作者简介:孙飒(1994.3—),毕业院校:华北电力大学,所学专业:电气工程及其自动化,当前就职单位:国网石家庄供电公司,职务:职工,职称级别:工程师。