

[配电网自动化]

配电网自动化系统在刚果金配电网的应用

文 / 郑华珍
上海电气输配电工程成套有限公司

随着非洲国家城市基础设施建设的加快，对城市电网及居民用电的配电网工程提出了越来越高的要求。文章分析了非洲配电网目前存在的基本问题，以及刚果金沙萨新建配电网的建设过程，介绍如何在规划及设计阶段规避掉上述问题，并提出配电网自动化系统对提高配电网可靠性的积极意义。

刚果金沙萨配电网存在的主要问题

刚果金首都金沙萨人口密集，拥有1 000万人口，为非洲中部最大城市，用电需求大，但是和非洲其他落后国家一样，金沙萨地区的电网结构非常薄弱，设备运行年限长且缺乏运维，无法满足居民正常用电需求，居民用电经常跳闸，且电费回收率低。其原因主要有以下几个方面：

- 1) 配电网络设计不合理，如供电电源点不足、线路线径小，但供电半径过大，导致电压降过大，线损大，供电可靠性低。
- 2) 设备更新换代慢，简陋老旧，有的已经在役30多年，可靠性低，极易发生故障。
- 3) 配电变压器负荷率高，过载严重。低压出线熔断器没有漏电保护的功能，当低压线路发生人身触电事故，电源不会断开。
- 4) 缺乏维护，有的设备布满蜘蛛网，有的带电设备常年裸露在外，增加了故障点。
- 5) 缺少自动化设备，无法获取主要设备的运行状态，无法掌握系统实时数据，发生故障无法及时处理。

金沙萨新建配网的技术对策及优化措施

以刚果金沙萨新建配电网项目为例，本文介

绍了如何在新建配电网项目中规避以上这些因素。

1. 提高规划水平

加强规划能力^[1]，根据业主的需求，合理分配负荷；选用20 kV作为中压线路额定电压，在同样的截面积下，可以输送更大的容量；合理选择电缆截面积，满足载流量及电压降的要求，合理计算供电半径；就地进行无功补偿，提高用户电能质量。

2. 加强电网结构

本次配电网工程为新建项目，6个电源点分别取自新建220 kV Kinsuka变电站的2段20 kV母线上不同的出线间隔，由20 kV线路向负荷区域供电，同时在线路末端建设2个环网站，在线路中后段形成联络，在每条线路的中段台区20 kV出线柜各设置一台分段断路器（TR-06、EC-05、MM-07、ML-06、TS-06及LT-02），并配置相应的保护，与变电站出线断路器形成级差，用于故障隔离。20 kV配电网网络图如图1所示。通常情况下，环网站开关处于分闸状态，220 kV K站出线开关和线路分段开关处于合闸状态。这种方式增加网络的供电点，增强负荷转移能力，增强线路联络能力，降低事故影响范围，提高供电可靠性。

3. 选用技术先进且运行可靠的一次设备及材料

除中心城区、景观道路等采用地埋电缆供电

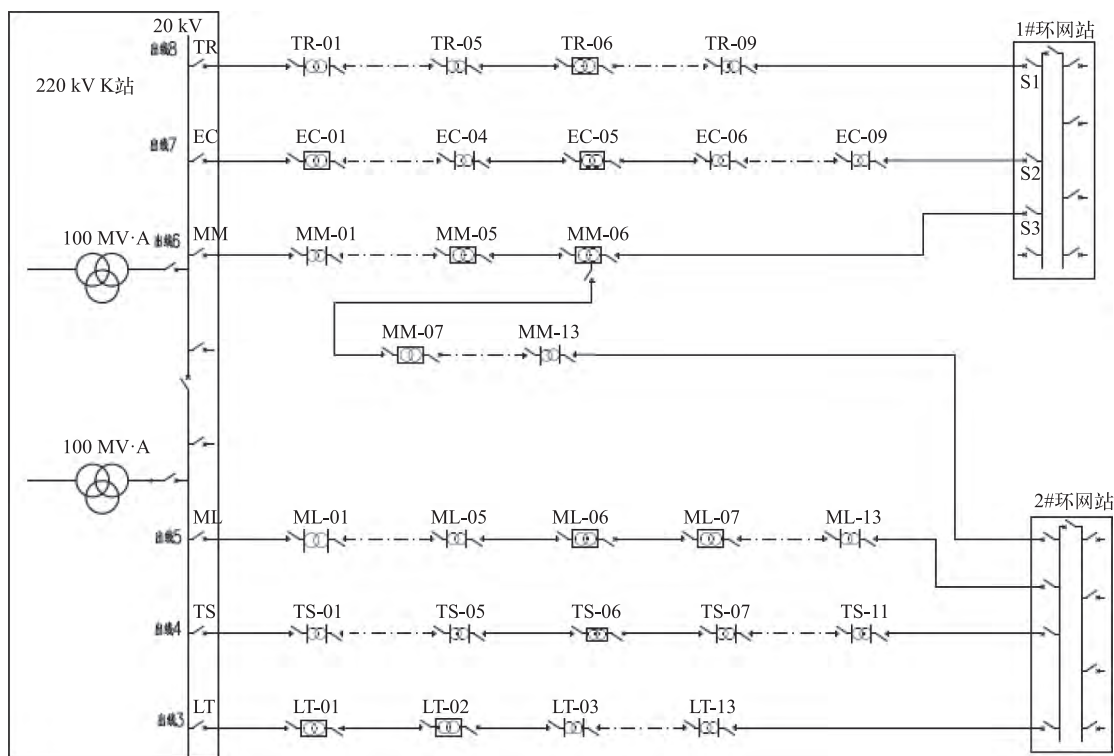


图1 金沙萨 20 kV 配电网网络图

外，一般均考虑选用架空ABC电缆的方式供电，使线路绝缘化，能更好地提高供电的可靠性、稳定性和安全性。

市中心繁华街区、商业中心和政府机构等用电负荷相对较大的区域采用容量500~630 kV·A欧式箱式变压器，中压采用SF₆环网柜，进出线采用配用电操作机构的高压负荷开关，变压器回路采用高压负荷开关加熔断器组合电器来保护变压器，箱式变压器低压出线开关采用带有漏电保护器的塑壳断路器。对于偏僻或运输困难的区域采用400 kV·A杆上变压器，进出线采用配置电动操作机构的SF₆柱上负荷开关，负荷开关内置CT用于模拟量的采集。每个台区均设置了PT用于检测20 kV母线电压。

合理选择变压器，降低变压器自身的电能损耗，优先选用 S11 及以上新型低损耗变压器。

4. 安装配电网自动化系统

68个台区及2个环网站各安装一面DTU柜，实现对馈线开关、配电网变压器等设备的信息采集及遥控分合，DTU还配置了保护功能，能够快速地切除故障。

DTU采集的数据通过通信设备及光纤网传送

到配电网自动化系统，配电网自动化的SCADA功能使值班人员可以远程获取系统实时状态，满足配电网运行状态监视、实时数据采集和监控需求。系统的高级应用功能（馈线自动化、负荷转供及停电管理等）可以根据负荷调整运行方式，提高对电网故障的响应速度，大大提高系统的可靠性及智能化水平。

金沙萨配电网自动化系统的实施

配电网自动化系统实现的基础是配电网的一次网架和配电网的设备^[2-3]。本系统包含通信设施、终端设备和主站系统的建设，由以下三部分组成。

1. 终端设备

金沙萨新建配电网采用DTU配电网自动化终端，主要负责对环网站、柱上开关和配电变压器等一次设备的数据的采集、状态监测、控制、故障判断及处理。新建配电网共有68个台区，其中26个台区采用箱式变压器，42个台区采用杆上变压器。每个台区都配置有一台DTU柜，与一次设备采用航空电缆连接，即插即用的方式可以提高项目现场的施工效率。对于箱式变压器台区，DTU柜集成在箱式变

器内；对于杆上变压器台区，每台杆上变压器配置一台独立DTU柜，与低压配电箱分开布置在杆上；对于2个环网站，各配置一套DTU柜，单独组屏安装。

DTU柜配置相过电流以及零序过电流保护，对20 kV 馈线进行保护及故障隔离。DTU采集一次设备的有功、无功、电流和电压值等模拟量，开关位置、隔离刀开关、接地刀开关位置以及远方控制投退信号等其他各种开关量和多状态的数字量；采集电网一、二次设备状态信息数据；DTU实现对一次设备

的遥控功能。

2. 通信网络

配电网通信是配电网自动化的核心，具备采集设备运行数据、优化配电网运行参数和变更运行状态等功能，会影响配电网自动化系统的总体性能^[4]。金沙萨配电网自动化系统采用EPON光纤通信，通信网络采用ADSS实现，每一条中压线路同杆架设一根24芯的ADSS光缆，实现配电网主站与DTU终端之间的通信，通信网络图如图2所示。

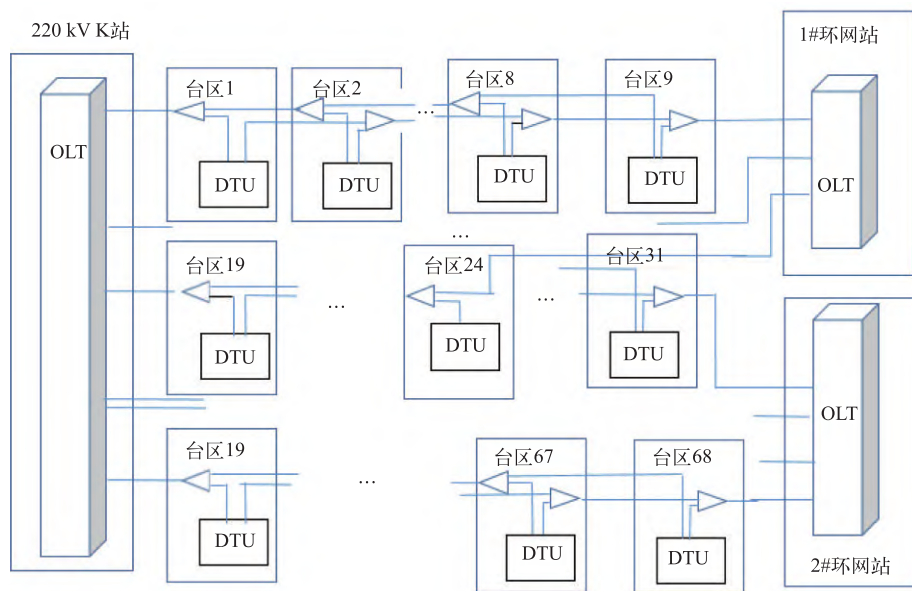


图2 金沙萨配电网通信网络图

220 kV K站及2个环网站内各安装1台光纤路终端OLT及若干ODF，在各台区（箱式变压器及杆上变压器）DTU柜内安装ONU光网络单元、ODN分光器及ODF，由这些设备组成一个双链型通信系统。每个台区具备2个方向的光缆，上行链路通过双PON口汇入不同分光器，实现链路1+1冗余保护。若系统某个或多个端口发生故障，整个系统仍可保持正常运作，是目前配电网自动化系统组网方案中推荐使用的方案。若系统中一台OLT发生故障或者其中一个光缆中断时，通过另一台OLT设备或者光缆进行传输，达到保护的目的。

系统能承载配电自动化、用电信息采集等各种双向通信业务，满足系统各种配电自动化终端的通信要求及配电自动化主站与各类终端之间的通信要求。

3. 主站系统

配电网自动化系统安装在220 kV K站，由三面服务器屏及一个后台组成，所有DTU采集的信息经过光纤网络上传到自动化系统。金沙萨配电网自动化系统图如图3所示。

配电主站层主要负责整个配电网中压线路、设备的运行监控和配电运行管理。主要有以下功能。

(1) SCADA 功能

主站对DTU终端采集的信息进行数据处理、统计计算、数据记录、操作控制及事故反演等，满足配电网运行状态监视、实时数据采集、监控及应用分析需求。SCADA功能的应用，为运行人员提供了实时的系统状态，使运行人员对设备状态实现全面监控，合理安排配电网运行方式和检修计划，提高日常工作效率和生产管理水平。

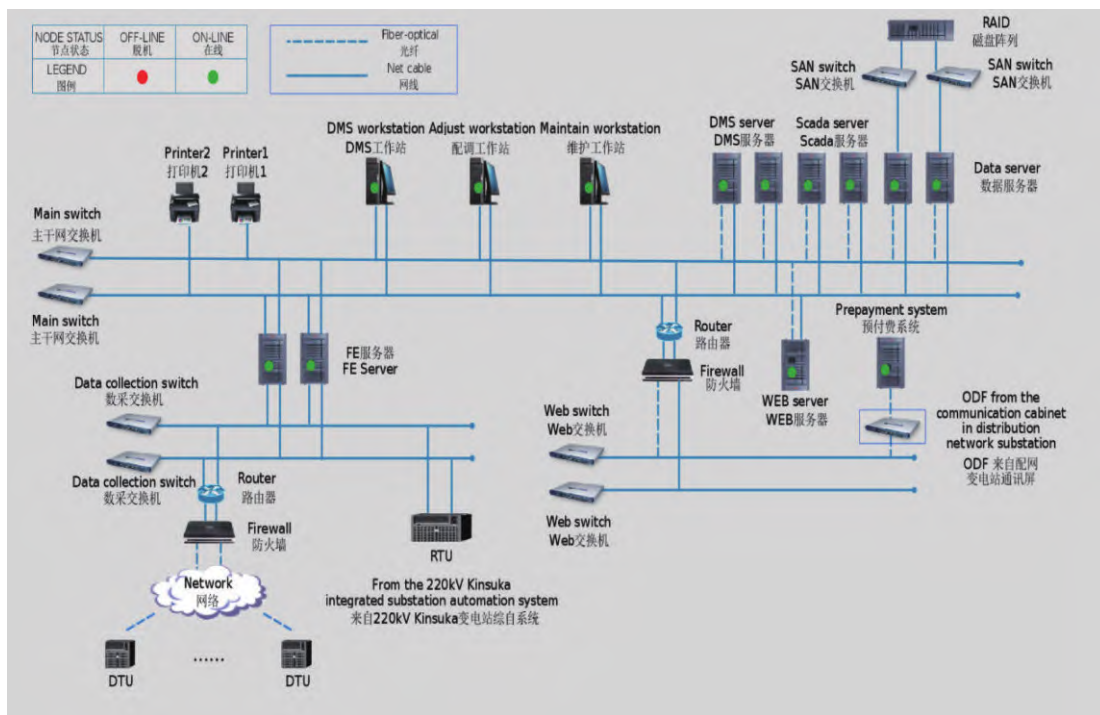


图3 金沙萨配电网自动化系统图

通过对历史数据的统计分析,可以对供电可靠性、线损率和电能质量等指标给出更加科学、更加准确的统计数据,为制定科学合理的管理制度和工作考核制度提供更加可靠的数据支撑。

(2) 馈线自动化

配电网自动化应用之前,配电网设备的运行操作需要运行人员抵达现场手动操作,不能及时检测到故障。事故发生后,需要运行人员在一个大概的区域内逐点排查,确定故障点。配电网分布区域广,且非洲地区交通情况不佳,这些工作需要耗费大量的人力物力和时间,不仅造成电力资源的浪费,还影响了电力公司的效益。

馈线自动化的应用使得可以在主站对系统内的一次设备进行远程分合闸操作,运行人员在主站即可实现运行方式的切换。当故障发生后,系统将自动实现故障定位、故障隔离,大大缩短了故障判断时间,降低了劳动强度,也缩短了恢复供电时间,降低因故障停电而产生的损失。

以 TR 回路为例,在线路 TR07 和 TR08 之间的线路发生故障时,TR-06 馈线断路器感受到故障电流出口,跳开该台区 20 kV 出线断路器,TR07~TR09 台区失电,主站系统根据继电保护信号、开关跳闸和各 DTU 等获取的故障信息,启动故障

处理程序,判断故障发生在 TR-07 与 TR-08 台区之间,即在工作站上自动推图,显示故障发生点及相关信息,并提供解决方案。由运行人员确认后,根据实际条件选择手动、半自动或自动方式进行故障隔离,如选择手动方式,需要运行人员远程遥控故障点两侧负荷开关,遥控 220 kV K 站 TR 断路器,遥控环网站 S1 开关,恢复非故障区供电。

(3) 负荷转供

在线路故障、检修或过负荷情况下,配电网自动化主站系统结合拓扑分析和潮流计算的结果,在线评估配电网的运行状态,进行转供策略分析,自动生成合理的负荷转供操作方案,平衡负荷,防止线路负荷转移后出现新的过负荷情况。依据转供策略分析的结果,采用自动或人工介入的方式对负荷进行转移,实现消除越限、减少停电时间和停电范围等目标,提高配电网电能质量和供电可靠性。

缩短线路过负荷及检修时的负荷转移时间,使得这种情况下的线路负荷转移变得十分简单,完全实现了远方遥控操作,避免了人员的现场操作过程,进而避免了人员现场操作过程带来的线路长时间停电。

(4) 停电管理

依靠科学手段,避免了误调度、误操作事故的

发生。在线路故障、检修或过负荷情况下，主站系统可以依赖其网络拓扑关系，生成负荷转移操作票，自动生产的操作票避免了向检修地段送电、故障地段送电及线路合环等一切误操作、误调度。

计划停电分析提供丰富、友好的人机界面，可以查看管辖范围内所有停电计划的执行状态。

结束语

目前，随着非洲国家城市基础设施建设的加快，对城市电网及居民用电的配电网工程提出了越来越高的要求。金沙萨新建配电网采用先进的一、二次设备，构建了配电网自动化系统。目前设备运行状态良好，大大提高了供电可靠性，也为今后同类项

目提供了借鉴。EA

(收稿日期：2024-01-22)

参考文献

- [1] 郭群. 非洲某城市电网建设改造的技术发展对策 [J]. 供配电, 2008(6): 72-75.
- [2] 张国华. 海外大型配网项目实施管理 [J]. 科技资讯, 2018(30): 145-146.
- [3] 陈海权. 配网自动化设备在非洲电网的实践应用 [J]. 电子技术与软件工程, 2021(20): 96-97.
- [4] 王成志. 基于 EPON 技术的配网自动化系统的组网方案及其应用研究 [J]. 电力自动化, 2023(10): 79-82.

