

# 智慧城市的智能配电网 整体解决方案

文/珠海许继电气有限公司 周荣乐  
编辑整理/本刊记者 朱金凤



周荣乐  
珠海许继电气有限公司

## 智慧城市下配电网新的定位与思考

2012年，我国发布《关于开展国家智慧城市试点工作的通知》，为推动智慧城市建设指明了方向。目前，已经有一大批示范单位先行先试，不同的城市基础不同，定位不同，建设的理念也会有差异，但有一点是不变的，那就是智慧城市的核心理念：让城市的发展更科学，管理更高效，生活更美好。智慧城市与最近提出的“新基建”也是相辅相成的，“新基建”的一个典型场景就是在城市，以科技发展为核心，推动城市的高质量发展。

智慧城市需要智慧电网，人们日常生活、生产都离不开电，因此电是城市基础建设的保障，而配电网直接面向终端用户，在城市建设过程中发挥着非常重要的作用。在传统的理解中配电网就是能量传递的过程，从变电站到线路再到工厂

用电或居民用电，更多是以能量的形式传递，往往容易忽略的是，在能量传递的过程中其实叠加着大量的数据，目前数据流和信息流并没有充分发挥作用。

事实上，配电网应该是能量流、数据流和信息流“三流合一”，能量流产生的价值就是无感停电，无感停电是配电网的底线，也是智慧城市建设的基础。要实现无感停电，一个很重要的技术手段就是基于“事前、事中、事后”的故障主动防御。另一个对配电网的要求是可观可视，这是智慧城市的建设前提，重点在基于物联网的中低压一体化配电网。还有一点是智慧用能，这也是配电网的关键内容，要实现智慧用能，就要充分发挥能源信息一张网智慧能源云平台的作用。

## 基于“事前、事中、事后”的故障主动防御

传统配电网运行中比较关注“事中”和“事后”，也就是故障发生之后如何进行快速定位和隔离，但是往往忽略了“事前”，也就是故障发生之前其实可以通过一定的技术手段进行微故障感知与防御，实现主动运维，包括线路故障主动感知、馈线多维度态势分析和设备全生命周期可视化管理等。建成“事前、事中、事后”配电网全域故障自愈与保电系统。

要实现线路故障主动感知，核心是要建立两个库：一个是专家库；一个是多维数据库。专家库是把配电网日常运行过程中的特征，例如波形

分析、电气量分析跟专家库进行比对,来判定是否为异常。数据库的作用更多是把线路日常运行的数据进行存储,从而提前发现线路的状态。通过两个库的建设,就可以对整个配电网线路进行态势的分析,类似于人通过体检来判断身体是否处于正常状态或有潜在隐患。如果线路处于正常态,馈线运行正常;如果线路处于告警态,则馈线有薄弱点,存在隐患;如果通过比对发现线路处于异常态,那么馈线已发生故障或即将有故障发生,就要通过技术手段进行快速排查,避免线路故障引起停电。

除了对线路的分析,对设备来说也是如此,也就是设备全生命周期可视化管理。传统做法是设备损坏之后再进行处理,而通过事前对故障的感知,把设备出厂之前的生产过程数据、出厂检验数据,现场安装时的数据、运行数据和维护数据等进行打通,通过大数据的分析比对,同样可以提前感知设备是处于正常状态还是异常状态。通过这些技术就可以提前分析线路和设备是否需要处理,从而避免了故障和带来的停电。

当发生故障之后,就要进行事中快速隔离与定位。传统的故障处理方式满足不了智慧城市的要求,因此提出两种方案:第一种是基于5G分布式FA的故障快速处理,通过线路通信快速进行故障定位和隔离,实现毫秒级的故障处理,优先使用光纤通信方式,但也有一些老旧城区如果不具备光纤条件,可以通过5G来实现。第二种是基于快速断路器的多级级差速动方案,光纤和5G都需要通信通道,如果变电站满足级差的情况,就可以考虑基于快速断路器多级时间级差全线速动方案。这种方案的重点是把馈线进行分段,例如馈线首段、主干线分段、大分支首段和用户分界。这两种故障处理方式都可以实现馈线故障毫秒级快速隔离,缩小停电区段与停电时间,基于开关与5G智能分布新技术实现更快、更全和更准地隔离故障,实现故障就地快速定位,主动告知服务友好互动,支持快速抢修复电,基于物联网感知、边缘计算和区域自治技术,实现故障定位更快速(无须依赖系统)、更精准(综合研判)。

事后优化转供快速复电方面,对于单条线路来说,技术已经较为成熟,但对城市而言,往往不是单条线路,可能涉及整个变电站负荷的转出,这就涉及变电站间的互倒互带全自动解决方

案。基于实时拓扑的配电线路倒闸操作的实现是基于各变电站母线及局部线路容量和负载关联,通过实时的网络拓扑分析,给出最佳的线路倒闸方式,自动生成操作票及执行,同时应用拓扑分析可事先对倒闸方式进行预期研判。

大面积停电故障恢复技术涉及几个大的板块,同时也是实现的基础,就是自动化、信息化和互动化;核心技术是基于配电网动态拓扑;关键服务包括负荷转移决策计算、风险计算和分布式电源计算;可以实现的功能包括变电站全停恢复、一键恢复功能、停电管理功能、分布式能源管理和配电仿真等。

事后快速复电与紧急供电保障还涉及发电车抢修,可以通过运维云平台实现对发电车辆的优化调度,从而最大化地精简抢修人员和车辆的数量,提升运维抢修的效率。

## 基于物联网的中低压一体化配电网

中低压一体化智慧配电站室建设方案总体思路与架构的核心就是建立中低压一体化配电网,实现对配电网的可观、可视,甚至可控,从而实现整个配电网的高效运行。中低压一体化智慧配电站室以物联网云管边端架构为基础,部署中低压智能终端与一二次融合开关等关键智能设备,具备配电房及其延伸区域的高度信息集成与区域自治特点,结合云主站大数据分析管控与智能云边协同,实现配电室供电可靠性、人身设备安全性及运行维护效率的进一步提升。

这里也涉及几个关键技术,首先是中低压智慧物联终端,传统终端只关注电压、电流等电气量信息的采集,而中低压智慧物联终端具备其他非电气量的采集功能,例如安防、视频和运行环境等。集成站所物联代理单元和多种通信接口,支持10 kV保护终端、低压TTU、环境传感和状态传感等,即插即用。采用图像智能识别技术,支持6路视频同时接入、图像智能分析。采用激光三维成像、站室精确定位技术,实现设备物理建模,主站三维成图;采用云边协同技术,实现中低压数据共享融合,支撑中低压同期线损分析、设备健康与运行效率分析;采用大数据和人工智能算法,就地分析计算及就地控制,实现站所、台区侧自动调节。

另一个关键技术是中压物联网环网柜,跟传统静止设备不同的是,其内部有一些传感装置和

设备进行融合。例如电子式电流传感器、电子式电流互感器等电气量采集元件，局部放电传感器、温度传感器和机械特性传感器等状态量采集元件，环境温湿度传感器、水浸传感器等环境量采集元件，FRID等设备信息管理元件。核心功能包括配电自动化、精细线损管理、设备全生命周期信息管理、电能质量管理、用电负荷平衡、设备健康状态评估和支撑线路拓扑结构自动成图等。能及时处理线路短路、接地故障，同时能实时监测线路运行状态，包括用电质量及电路设备健康状态，便于故障提前预警，极大地降低线路的运维工作量。

再就是台区智能融合终端，跟传统终端不同，它更多聚焦在台区侧，以软件来定义功能，可以灵活地进行扩展和升级，它以APP来进行功能的优化和提升，包括拓扑就地自动识别、分段分相线损分析、谐波污染定位分析和资产档案重建管理等一系列高级APP的功能。

以上关键技术共同形成了中低压一体化的功

能成效，目前最典型的应用在配电室。智慧站室功能成效包括一个中心、四大模块和六大功能，即基于中低压一体化中心开展设备状态感知、站室环境监测、安防视频监控和台区营配贯通四个组成模块的智能化建设，实现智慧站室状态感知、中低压故障研判、线损精益分析管控、设备台账精益管理、重大活动保电和新能源有序接入管控六大典型场景的功能应用，全面提升配电站室的运行管理能力与供电服务能力。

## 基于能源信息一张网智慧能源云平台

云平台整体架构如图所示，其核心是在本地建立边缘层，它会生成大量有价值的数据和信息，进行云化处理后，这些数据和信息会支撑平台层的建设。平台模型是标准化的，按照不同的需求可以进行数据的深挖和处理，从而为企业提供定制化的需求响应，甚至可以提供一个中间件的平台支撑。平台层除了关心电网自身信息之外，与气象系统、火灾系统进行交互，就可以获



图 云平台总体架构

(下转第36页)

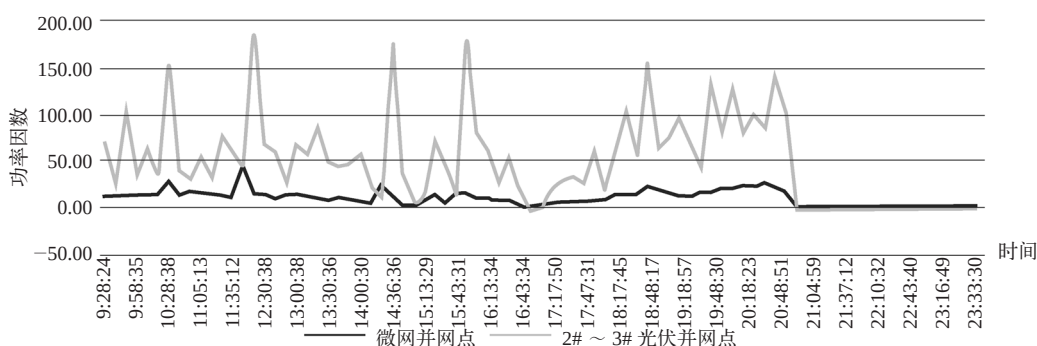


图4 4月9日功率波动情况

在0.5 Hz以内，短时间内电压和频率重新恢复到稳定状态。光伏输出的功率不足以供给负荷，由储能来补足，光储联合发电系统带动负荷稳定运行。当光伏出力减小时，储能根据光伏出力下降做出迅速响应，增大功率输出，以保障负荷供给需要，维持了系统功率的平衡。

当市电停电时，且光伏不出力时，微网系统二次设备可以有储能供电，保障D110开关及以下正常操作。

结论：光储微网系统在实现自启动后，能够快速实现带负荷稳定运行，因此此项目微网光储联合黑启动取得良好效果。

## 结束语

随着示范项目和商业化项目的深入，储能将在电网中呈现多点分布特性，多点布局的储能系统通过电力系统统一调度，可实现多点分布式储能的有序聚合，除了满足就地应用功能外，可为电网提供紧急功率支撑、提高电网安全稳定、有效提升电网对可再生能源的消纳能力、丰富电网调峰、调频和调压等辅助服务手段，使电力系统变得更加“柔性”和“智能”，促进电网发展模式变革。因此，满足源—网—荷多功能需求的储能选址及配置技术是值得深入研究的问题。EA

(上接第28页)

取天气、供水和供热等信息。最上面的应用服务非常灵活，对电网内业务来说可以提供光储充等绿色经济用能的服务，从而减少用能成本，提高用电质量；对电网外的业务来说可以进行数据的联动，例如向政府机构提供企业生产指数、人员流动等信息。

多元能效管理包括分布式电源接入与调度管理、分布式电源接入运行监视、分布式电源接入并网监测与控制、分布式电源接入详细量测、智能告警、电能质量分析、发电功率平衡分析和节能减排分析等。

现代城市的能源结构主要由电和燃气等组成，需要构建多能综合协调信息网络，实现能量流和信息流的双向互动。多能综合协调信息网络实际上由4个复杂的网络系统构成，即由电能源管理平台、燃气管理平台、水资源管理平台和信息网络紧密耦合构成。

能源信息一张网的典型应用就是为用户提供全方位的增值服务，例如用户内部的资产管理，

原来更多的是靠手工录用、台账的方式，通过云平台管理之后，可以实现全智能化的管理，更为便利。另外就是用电能效的管理，可以按月提供能耗统计的报表，通过分析向一些用电大户提供针对性的节能降耗的解决方案，从而满足用户对绿色经济运行的需求。

## 配电网未来发展新的展望

配电网的未来发展分5个方面：①柔性配电。随着技术的发展，配电网结构将由单向到多向、由交流到交直流发展，甚至最后是直流配电网。②高度自愈。故障自愈、电能质量自愈和灾变自愈能力会得到大范围的提升。③主动消纳。目前大范围分布式电源逐渐接入配电网，需要提高主动消纳分布式可再生能源的能力；④能源服务。配电网管理由电能供给向能源服务转变。⑤5G应用。在配电网，诸如差动保护、视频特征获取和智能巡检等都会得到大范围的应用。EA