

「供电」

基于配电自动化的供电可靠性研究

文/广州供电局有限公司 晏小卉 张旭 洪海生 段宜廷

供电可靠性是对供电设备持续供电能力的反映，也是衡量电网优越性的重要指标，配电自动化的引入对提高电网的安全、可靠及高效运行有着重要作用，但由于配电网网络结构复杂等特点，目前国内使用的配电自动化系统效果与国外存在一定差异，着重研究通过对广州越秀供电局现有配网自动化系统与国外进行对标，取长补短以达到提高供电可靠性的目的。

引言

随着人民生活水平的提高和高科技企业的日益增多，供电可靠性越来越引起社会的高度关注。可靠性管理是一项综合性技术管理工作，该工作的深入开展，将促进发电、供电、输电、变电设备的全过程管理。同时，供电可靠性指标也是衡量供电设施技术状况与健康水平的主要依据，现已成为电网发展和用户服务的重要评价指标。随着我国电力市场的改革，供电可靠性将成为用户选择供电对象、竞价上网及政府审批电价的主要参考因素，因此，提高供电可靠性具有重要意义。

广州越秀区供电局所管理的配电网地域分布广，结构复杂，配电设备众多，用户数量大，而且广州越秀区经济增长速度快，负荷密度大，且高端用户聚集，用电需求呈多元化，对电力服务质量要求更苛刻；同时，相比较新加坡、东京户均停电时间已经降低至10 min以内，韩国

不到20 min，因此，无论区域内发展需求还是建设国际一流配电网目标（广州越秀局2020年平均停电时间为0.34 h），广州越秀供电局都急需建设具备高供电可靠性的城市配电网以满足社会经济发展的需求。

广州越秀供电局电网现状

越秀区电网现有220 kV公用变电站3座，主变压器8台，变电总容量1 620 MV·A，无功补偿容量192.39 Mvar，平均无功补偿为11.88%；110 kV公用变电站13座，主变压器33台，变电总容量1 505 MV·A，无功补偿容量241.1 Mvar，平均无功补偿为16.02%。

截止2016年12月底，越秀局拥有10 kV馈线443回，其中公用馈线379回，专用馈线64回，公用线路电缆化率99.56%，绝缘化率100%。等效用户数4 264户，配网可转供电率达到99.21%，配网典型接线率为65.96%，设备情况如下表。

表1 越秀区配网设备情况表

年份	总数	总线路数	公用线路数	专用线路数	公用线路电缆化率	公用线路绝缘化率	可转供电率	典型接线率
2016	4264	443	379	64	99.56%	100%	99.21%	65.96%

广州供电局有限公司科技项目“提高配网供电可靠性的技术方案研究及应用技术（GZM2014-2-0042）”。

表2 自动化指标对比表

指标	越秀	东京核心区
配网自动化覆盖率	98.17%	100%
配网自动化故障定位正确率	81.48%	92%
配网自动化快速复电成功率	87.48%	95%

2016年越秀供电局供电可靠性为99.987%，用户平均停电时间1.127 h/户，用户平均故障停电时间0.098 h/户，配网自动化覆盖率为98.17%，配网自动化故障定位正确率为81.48%，配网自动化快速复电成功率为87.48%，相比较国内外先进供电企业，越秀供电局在自动化建设方面仍有较大进步空间。因此本文重点从配网自动化建设方面分析越秀供电局提高供电可靠性。

配网自动化系统运行概括

配网自动化是指对配电线路的故障能够进行快速诊断、自动隔离，以缩小故障停电范围，快速恢复非故障段供电，提高供电可靠性。配网自动化是把现代电子技术、通信技术、计算机及网络技术与电力设备相结合，将对配电网在正常及事故情况下的监测、保护、控制、计量和供电部门的工作管理有机地融合在一起，包含电力企业中与配电系统有关的全部功能数据流和控制，能够实时监控、协调、管理配电网各环节设备，实现整个配电网优化运行。

越秀局目前配网自动化线路覆盖率相对较高，但目前普遍采用的无线公网存在信号不稳定、在线率低、故障率高的情况，不仅影响遥控

操作效率，还存在一定安全隐患，造成目前配电自动化实用化水平较低。且早期建设的自动化多以二遥为主，“三遥”自动化覆盖率低，现阶段逐步推广“三遥”的大背景下，通过加装电操和触点的一次开关设备改造来实现“三遥”已在实际应用中证明存在诸多问题，与此同时，又有部分站房的一次开关设备已安装电操具备“三遥”功能，但站房内未配置自动化设备。二次通信方面，越秀区2018年将实现馈线的联络点及关键点电房自动化三遥全覆盖，但配电光纤通信远远落后于自动化终端建设进度，自动化一次与二次规划的衔接出现问题。

配电自动化系统措施及建议

20世纪80年代中期东京就实现了配电自动化全面覆盖，但智能化程度不高。配电自动化方案主要采用分布/集中混合方式，故障定位采取分布式，依靠断路器和开关的配合就地自动完成定位，然后主站采用遥控方式恢复供电在事故处理及正常检修时，大大缩短了负荷开关的操作时间。

本文针对国外配电自动化建设仅以东京为例，说明其自动化系统建设情况，以供广州越秀供电局关于自动化建设做参考，取长补短，提高供电可靠性。

1. 配电自动化构成对标分析

东京电力新一代自动化系统的最大优点是能掌握到各区间的3相电流值与电压值。对于分布式能源导入等的电压管理方面能很好的对应。

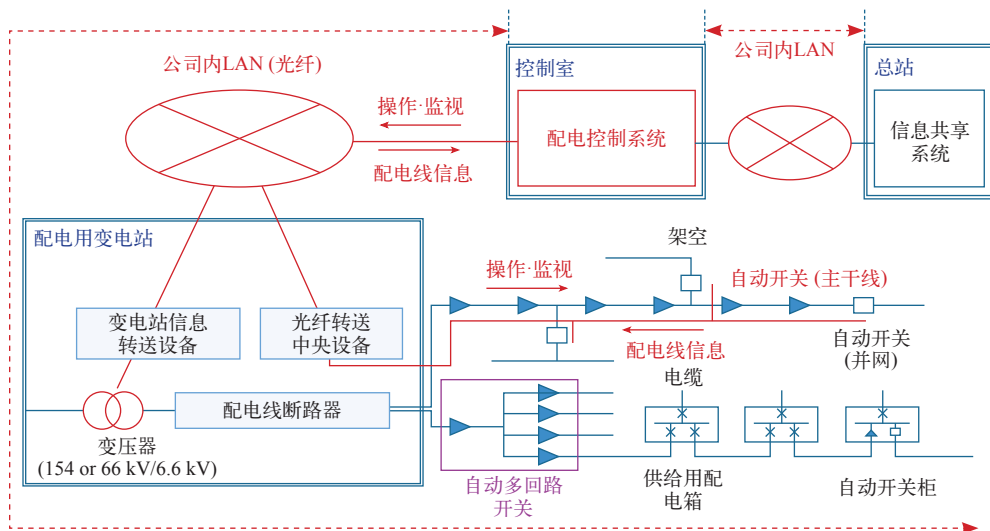


图1 新一代配电自动化的构成图

该系统利用配电控制系统采集到配电线的信息，然后利用光纤传送到控制室进行控制，效率较高，能实施监控各线路、设备的三相电流、电压值，且系统中的自动多回路开关对自动切除故障减小故障范围具有重要作用，同时对于上游点故障具有多路电源点供电，大大地保障了地区的供电可靠性。相比较越秀供电局，可以采用安装多回路开关和利用光纤通信，但考虑到既有设备及通信方式，虽然光纤通信具有对电磁干扰不敏感，容量大，适合于作为通信主干线，但价格昂贵且浪费现有资源，因此可以考虑用无线5G通信、增加终端设备的互联性、增强无线信号设备等方式来提高线路、设备的实时监控与通信，进而提高供电可靠性。

2. 线路接地故障精准定位对标分析

在日本，高压系统（6 600 V）是非接地系统。因此，事故时的特征是，接地事故电流非常小。轻微的树木接触事故等也不至于启动继电保护，也是产生微小的零相电流和零相电压。通过传感器获取这些零相电流和零相电压的数据，进行定位，通过对目标区间的巡视，确认问题，避免事故的发生。

相比较越秀供电局，故障定位精确度较低，只能定位到某条线路或者某一个台区，因此可以引进东京电力的先进传感器技术，做到提高故障定位的精度和准确性，从而提高越秀供电局的供电可靠性并降低现场人员的工作强度，合理利用资源。

针对故障精准定位，国内电网企业以及一些研究机构，也都提出一些精准的定位方法，陈云国等提出基于IEC61850的智能分布式馈线自动

化系统，提出了将信息交换限制在相邻终端之间的两两通信方式；并分析了电缆型配电线路实现馈线自动化的保护逻辑和信息模型的数据流。最后结果表明所提方法可以快速隔离故障和恢复供电，提高了供电的可靠性。胡伟针对现有智能配电网保护方法存在保护装置整定复杂、协调性差以及易误动等问题，提出一种基于局部异常因子（LOF）检测的配电网保护算法，并对配电网在故障定位后不能进行有效的故障类型辨识这一问题，提出LOF和支持矢量机（SVM）相结合的智能配电网故障类型判别方法，该方法能够有效记录故障识别与定位。因此，越秀供电局可以在故障精准定位与快速识别上，借鉴国内或国外的先进技术，提高故障定位准确性，减小故障区域和效率，从而大大提高供电可靠性。

3. 事故波形数据与设备信息的事故点评定分析

东京电力公司采用一种先进的分析系统，即事故发生时，对事故电流和电压的波形进行分析，界定是树木接触性的事故还是设备故障性的事故。如果分析认为是树木接触引起事故的可能性比较高，就调取配电线路事故区间的接近配电线路的树木的管理数据，用于确定事故点的现场巡视，以便尽快发现事故点，减少探查时间。通过对各种事故时的事故波形数据进行收集管理存储，在判别是开关故障事故、避雷器故障事故，还是变压器故障事故，树木接触事故时，可以提高判别的准确性。因此，对事故波形的数据存储非常重要。

相比较越秀供电局，虽然其主要是电缆线路，很少存在数目接触故障，但存在道路开挖、市政、设备故障等等的影响，而且供电局现有电

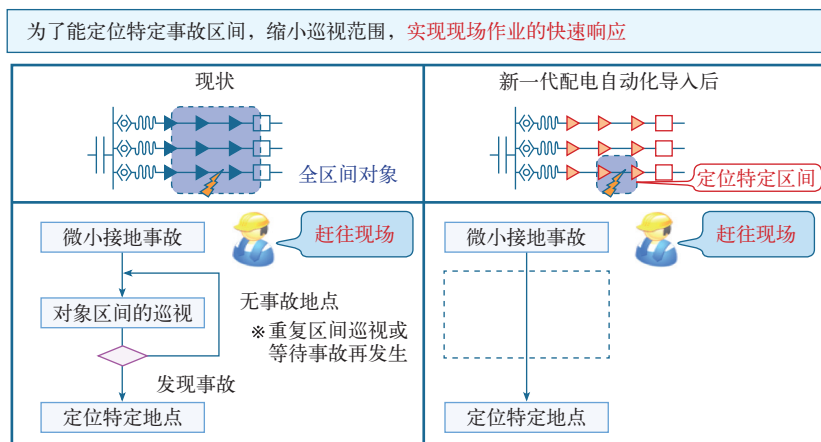


图2 线路接地故障后再送电成功事故原因探查案例

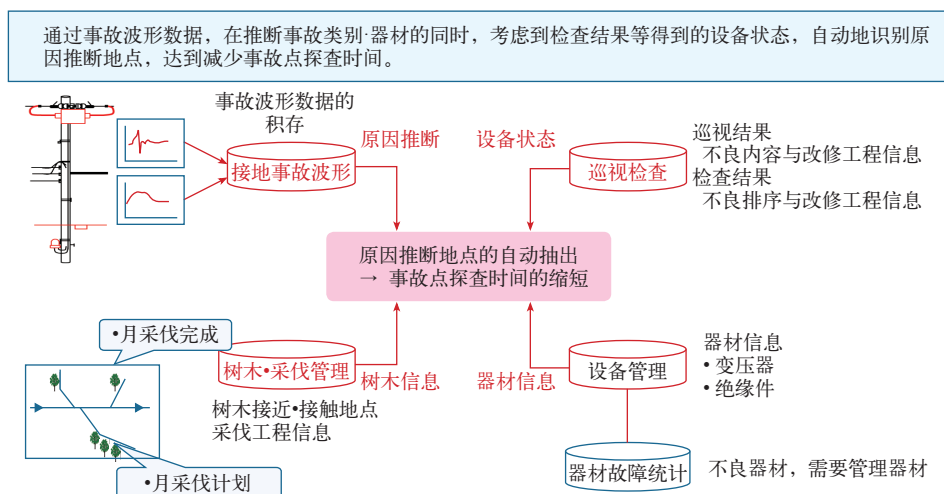


图3 运用事故波形数据与设备信息事故点评定案例图

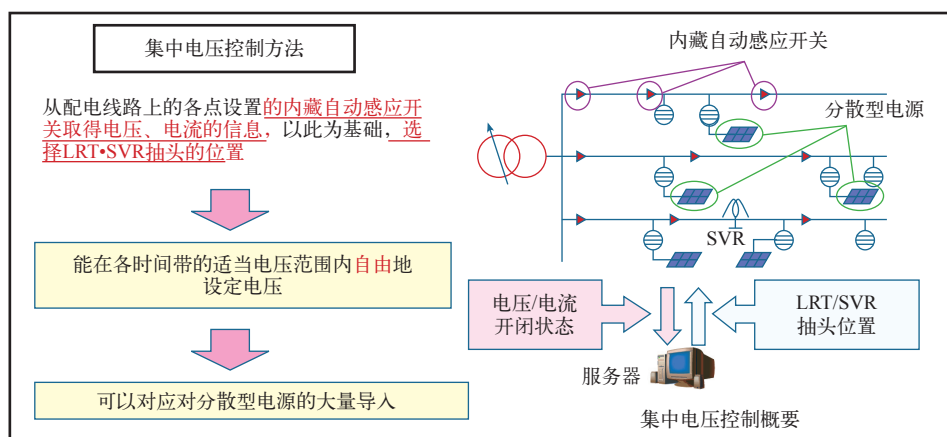
缆故障检查比较烦琐而且不易快速找到故障点，因此可以结合上一小节的精确故障定位以及故障波形分析，从而判断是设备、电缆头、电缆线路、避雷器等故障，直接定位到某点或者减少探查时间，缩短停电时间。因此，越秀供电局可以建立自己的故障波形数据库，并通过一定分析，归类每一种历史出现的故障数据波形，为以后的探查缩短时间，从而提高供电可靠性。

4. 集中电压控制系统对标分析

东京电力根据变电站的配电用变压器的电流值，利用配电用变压器的分接来控制输出电压。这种控制方式是分布式能源还没有大规模并网，

电压下降时是向着配电线路末端电压下降变大时的比较合适的方式。但是，近年配电网中大量的分布式能源并网，根据各配电线路在输出、中间、末端设置的内置传感器的开关的电压值来判断时，并不是最合适的配电用变压器的分接。集中电压控制方式是利用各配电线路在输出、中间、末端设置的内置传感器的开关的电压值，通过集中电压服务器计算出变电站的最适合输出电压，系统也自动地指示调整分接值，来实现输出最适合的电压值。通过这种集中电压控制方式可以减少SVR和SVC等电压调整设备的台数。

相比较越秀供电局，虽然可能会有屋顶光



一般方法与集中电压控制方法的区别

	LDC整定方法	集中电压控制方法
测定场所	配变变压器2次侧	内置自动开关各点
设定电压	唯一	自由

图4 集中电压控制系统的导入图1

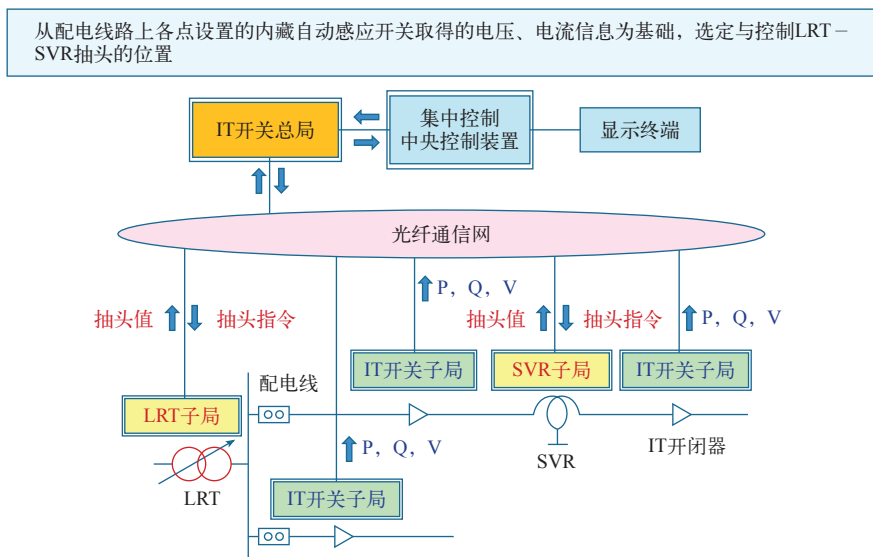


图5 集中电压控制系统的导入图2

接入系统，但量都比较小而且容量不会太大，同时越秀供电局的调压方式具有较好的设备和方法，因此，暂时可以不考虑，当有适量或者电压波动要求比较严格时，可分地区考虑采用此方法进行自动化建设。

同时，对于提高供电可靠性上。越秀供电局也可以借鉴国内先进地区（杭州G20主要片区），按照投资费效比最大化和调度人员日常使用习惯，对站点改造方式主要采用“进线三遥，出线一遥”，即对环网柜的进线（主干线）开关进行“三遥”改造，对出线（分支线）开关进行“一遥”改造（采集其故障指示信号或开关位置指示信号），同时采用带电加装电动机构的新模式，从而提高工作效率，减少停电对用户的影响。

结论与建议

为打造与广州国际大都市相匹配的世界先进水平的越秀区城市电网，本文借鉴国外供电可靠性在全球范围名列前茅的供电公司的配电网自动化，并将其合理本土化，有效助力广州越秀区电网的高供电可靠性建设。

通过以上对标分析以及数据显示可知越秀供电局主要存在以下几方面原因：

1) 硬件问题：通信板或无线模块、电源板或电源模块、终端底板等损坏造成终端离线，终端死机，电池老化或损坏，终端固有硬件问题（如ABB终端无法采集故障电流）。

2) CT未接入导致故障电流无法采集。

3) 房内无低压电源和低压电源故障。

4) 通信通道存在问题。

针对上述问题，除了不同方面的具体建议之外，结合管理及其他方面，提出如下建议：

1) 稳步推进配电自动化实用化。完善配电终端标准化设计与技术规范，研制通用控制器，提高配电终端的互换性。完善配网自动化运维标准、实用化评价标准。加强自动化项目质量验收管控，从源头降低终端缺陷隐患，确保设备安全可靠运行。加强配电自动化专业人员的培养，增加配电自动化工种序列，建立技能发展通道，为配电自动化的发展储备技能人才。

2) 加强配电自动化与调度自动化、计量自动化等多系统的协同应用。集成EMS、DMS、AMS系统实时数据，进行系统间数据的相互校核、辨识以及互补，提高配网数据的完整性和准确性。探索开展故障自愈、网络重构等高级应用。集成主配网故障、计划、临时、欠费停电等所有停电事件，完善停电事件综合研判功能；实现用户报障、停电事件、抢修工单相互校核、匹配、研判，最终实现快速答复用户，优化、合并、减少抢修工单数量，提高抢修效率。

通过对上述国内外先进供电企业的配电自动化建设理论分析，合理本土化自动化建设原理，对越秀供电局的供电可靠性提高具有一定指导意见。EA

（收稿日期：2017.06.26）

（编辑：朱金凤）