

DOI: 10.7667/PSPC201665

智能配电网自动化应用实践的几点探讨

王良

(积成电子股份有限公司, 山东 济南 250100)

摘要: 总结近几年来配电网自动化应用的发展趋势。从馈线自动化模式与方案配置、提升配电网自动化系统的实用性、配电网自动化系统的运维管理、电网公司不同层级对配电网自动化的应用需求等方面进行了探讨。提出了因地制宜, 通过合理配置不同 FA 模式, 形成纵向分层、横向分区、全局优化、快速复电的 FA 配置方案。在提高自动化覆盖率、提升系统功能实用性、提高配电网自动化系统的运维效率等提出了一些建设思路。对省级公司配电业务运维管理功能和电网公司总部的统一管控功能进行探讨。

关键词: 智能配电网; 配电自动化; 馈线自动化; 运维管理

Discussion on application practice of distribution automation

WANG Liang

(Integrated Electronic Systems Lab Co., Ltd., Jinan 250100, China)

Abstract: This paper summarizes the development of distribution automation system. Then, it discusses the feeder automation mode and configuration scheme of feeder automation, and how to improve the practicability of distribution automation system, the operation maintenance management of distribution automation system, and the requirement of different levels in power grid company. Through suiting the measures to local conditions and configuring different FA modes, it proposes an FA configuration scheme with the features of longitudinal hierarchy, horizontal division, global optimization, and fast recovery. Some construction thoughts are suggested about improving the automation coverage, the practicability of system function, and the operation and maintenance efficiency of distribution automation system. The operation and maintenance management of power distribution business of provincial company and the unified management and control function of the headquarters are discussed.

Key words: smart distribution network; distribution automation; feeder automation; operation and maintenance management

0 引言

随着智能电网的建设, 近几年来我国配电网自动化的建设与应用也在不断发展。与早期配电网自动化建设着眼于局部范围实施的试点建设不同, 近几年来我国配电网自动化建设开始逐步向全面提升自动化覆盖率发展, 并且因地制宜的采用一遥、二遥、三遥等不同方式相结合的方案。从配电网运行状态的感知着手, 不强求配电网的自动控制, 对于推动配电网自动化的建设具有实际意义。从配电网自动化系统的功能上来看, 已经从单纯的监控自动化向配电网设备的全面运维管控发展, 生产控制大区应用与管理信息大区应用相结合的功能需求越来越明显。随着各地配电网自动化建设的不断深入, 对配电网自动化系统发挥的作用也更加关心, 从少数部分地区开展

到全面铺开建设, 使得电网公司的各个层级都产生了不同的业务需求。从自动化系统建设的规范性、一致性, 到自动化系统的运行状况, 省级公司甚至电网公司总部都有一系列的需求, 也都需要有相应的技术支撑。

总结智能配电网建设的自动化应用实践, 本文从馈线自动化模式与方案配置、配电网自动化系统实用性的提升、配电网自动化系统的运维管理、省级公司的配电业务运维管控、以及电网公司总部统一管控的技术支撑等方面进行几点探讨, 期望能为配电网自动化的应用与发展发挥些许作用。

1 馈线自动化模式与方案配置

馈线自动化的实现技术和算法很多^[1-6], 既有集中式故障处理, 也有分布式故障处理。在集中型馈

线自动化模式和就地型馈线自动化模式的选择上,不少地区在实施配电自动化时有一种误区:就是只能在这两种模式中选择其一,要么选择集中型,要么选择就地型。然而这两种模式之间,其实并不是相互排斥的关系。所以,配电自动化建设中的馈线自动化模式,应该因地制宜、合理配置,根据不同层次、不同区域配电线路的特点,采用合适的馈线自动化模式,两种不同的模式可以混合采用,有机结合。总体上应采取纵向分层、横向分区,着眼于全局优化和快速恢复供电,进行分层分区域的馈线自动化方案配置。

文献[7]就从整个地区的馈线自动化实施角度出发,进行了分层分区域的馈线自动化策略研究,探讨馈线自动化的优化配置方案。纵向上,馈线自动化配置方案将FA的层次划分为馈线层、馈线岛层、系统层三个层次。横向上,FA配置方案将局部级FA中同一层次中的馈线或馈线岛,按照其物理关系分割为若干个不同的单元,每个单元为横向上的一个区域。FA配置方案中对同一层次中不同单元所采取的FA实现技术,则根据本单元的特点选取。

在配电自动化建设中,一个采用不同馈线自动化模式有机结合的例子如下:针对单电源放射状的单条馈线,可以采用电压-时间型等就地馈线自动化;针对多电源供电相互的多条馈线组成的一个馈线岛,可以采用智能分布式馈线自动化或主站集中式馈线自动化;而在整个配电网层面,则可以针对变电站事故造成配电线路电源点失电引起的配电网大面积停电,通过主站系统优化分析决策,利用配电线路之间的联络关系进行转供电,由其他变电站作为失电的配电线路的转电源,从而实现最终用户减少停电,提高供电可靠性的目的。

配电网故障定位与隔离,除了馈线自动化,还可以考虑配电网多级继电保护配合来进行^[8]。

2 配电自动化的实用性提升

配电自动化系统的应用可以提高配电网的运行水平,提高电网供电可靠性,但只有不断提升配电自动化的实用性,才能更好地发挥其作用。

2.1 自动化覆盖率的提高

配电自动化系统的实施,如果仅仅停留在一个局部范围内的试点,其作用往往会比较有限。自动化覆盖率的提高,才能发挥配电自动化的规模效益。但是配电网规模大,设备多,通信基础薄弱,提高自动化覆盖率也会面临不小的困难。

从系统实用性角度考虑,配电自动化的建设不一定每个监控点都具备完整的遥测、遥信、遥控,

合理适当的部署一些一遥、二遥终端设备,虽然无法实现遥控,但可以通过监测,快速判断出故障的区段,也能明显缩小故障查找的时间,提高供电可靠性。

在采用一遥终端时,需要注意的是目前故障指示器还存在一定程度的信号误报和漏报现象,所以应对故障指示器的信号进行综合分析与管理,可以明显提高信号的准确性和可用性。

2.2 基于安全加密的无线公网通信

配电自动化系统的建设与实施中,通信系统建设存在着不少困难。光纤等有线通信方式建设存在着审批施工许可、施工工作量大,先期投资大等特点。无线公网通信应用,可以快速提高配电自动化的覆盖率水平。由于无线公网通信的安全性原因,三遥终端的通信一般不采用无线公网通信。

但是对于大量的一遥、二遥终端而言,采用无线公网通信是一种快速建设的方案。这些终端通过无线公网通信时,可以通过安全接入区接入主站系统,在保证安全的前提下,可以充分利用通信运营商的基础网络,快速实现配电自动化的通信要求。

采用无线公网通信需要注意两点,一是应进行安全加密,这样可以提高系统安全性,二是应严格保证无线公网和系统生产控制大区之间的隔离,避免公网和生产控制大区的网络连接,保障信息安全。

2.3 主站系统的实用性功能

随着配电自动化系统功能从单纯的监控应用向全面的配电设备运维管控发展,配电自动化主站系统的功能已不能仅仅局限于配电网的运行监控了。对配电设备的运维检修管理等管理信息大区的应用功能也迫切需要在配电自动化主站系统中实现。

一个典型的应用是针对配电网故障抢修的跨区配网故障研判功能。为了使得配网故障研判更加准确,功能更具有实用性,必须基于多源数据进行综合研判。在安全III区中有PMS、用采系统、数据中心,以及相应的无线终端设备等,在安全I区有EMS系统,以及配电自动化的三遥终端设备等,利用所有的这些I、III区数据,进行综合分析判断,实现配网故障研判体系,可以显著提高故障研判准确性,从而提高配网故障抢修工作效率,提高供电可靠性。

在配电自动化系统的电网模型方面,目前普遍采用GIS、PMS等系统建模,并采用CIM模型导入配电自动化系统的方式,来保证数据的源头唯一,确保模型一致性。但也存在着GIS或PMS系统模型建立不准确,图形和实际的电气拓扑连接不一致等现象。根据模型自动生成图形,并自动标注模型的变

化情况，可以在很大程度上提高配电自动化的实用性。配电网异动频繁，所以在获取异动模型时，触发自动成图，并自动分析受影响的图形，进行图形更新、标注图形变动的差异点，通过调度运行人员在自动成图的图形上进行审核，审核通过后再进行图模数据的发布应用。基于自动成图的技术支撑，建立这样一整套的工作流程，可以有效减少模型中的错误，提高配电网模型的可用性，从而保证配电自动化系统的实用性。

2.4 配电自动化系统的运维管理

配电自动化终端设备数量巨大，地理位置分布也很分散，其维护工作量很大。实现配电自动化终端的即插即用，减少其维护工作量，可以明显改善配电自动化终端的运行状况，提升配电自动化系统的实用性。

实现配电自动化终端即插即用的一个较好的做法是采用IEC 61850标准在配网中的应用。通过基于IEC 61850标准的IED设备自动注册、自动配置、自动接入，可以实现配电终端的免维护，提高终端维护管理效率。

提高配电自动化系统运维管理的自动化程度是保证配电自动化系统可靠运行，减少自动化系统与设备的维护管理工作量的重要方法。简而言之，就是要实现自动化系统本身的自动化。将自动化主站系统的各种支撑环境、各个软件模块，各类自动化终端设备进行建模，通过采集自动化装置和自动化系统软件模块的监视、控制，实现自动系统运维管理的自动化，对自动化设备与系统的运行状态进行可视化展示。另外，还可以对配电自动化通信设备进行监视管理，并结合通信状况和自动化设备运行状况进行综合分析，便于电网公司分析问题，促进配电自动化的建设。

3 配电自动化高级应用

随着配电自动化应用的不断深入，其高级应用功能也在不断的研究应用^[9-12]。对于配电自动化的高级应用功能，直接借鉴EMS系统，把EMS系统中的高级应用功能照搬过来是不合适的。配电网接线形式多种多样，线路复杂，基础数据差，自动化监测数据也不是很完整。在这种条件下做电网分析应用，会存在相当多的问题。所以配电自动化的高级应用功能，应结合配电网的特点来合理运用。以下介绍几个在现场应用的配电自动化高级应用功能。

3.1 遥信辨识与简单状态估计

通过对公专变数据、故障指示器数据、终端采集数据、拓扑连接关系、PMS数据等进行关联性的

综合分析，可以得出分析结果，实现遥信辨识与简单状态估计。其结果主要包括：开关、刀闸遥信准确辨识、可疑辨识；区域不平衡统计分析；重载情况分析；母线越限分析；合环运行分析；网损分析；量测采集分析；综合评估等。

3.2 配电网智能操作票

配电网智能操作票系统是基于DMS、EMS、PMS、现场防误等相关数据融合的一体化综合系统，可实现GPMS调度申请单智能开票，红黑图在线异动开票，EMS主配网联动冲击电流校验，现场防误校验，自动挂拆牌及置位、在线一体化流转等功能。

调度员可在模拟态下进行开票，模拟环境与实时环境的同步(实时数据读取)，自动开票(图形和申请单)，基于模板手动开票，基于红黑图开票，实现操作票态以及实时态下安全防误校核功能，包括五防校验，合环校验，潮流校验等。

3.3 大面积停电辅助决策

大面积停电状况下的快速恢复供电可以在大面积停电发生时优化配电网的运行方式，尽量减少停电损失，但其策略获取困难。利用主站系统的分析能力，综合考虑设备动作数、动作频率及甩负荷数的实用化策略，基于转供策略的批量动作次序及恢复次序、操作票的一体化协调流转，可以明显提高大面积停电发生时的操作效率。

大面积停电辅助决策应具有实时情况下的变电站失电、母线失压自动扫描，策略自动生成。生成策略应综合考虑各种影响情况，有多种策略，可根据需要选择；生成策略可自动分解生成动作序列，并可以图形点选编辑修改方案；恢复策略自动生成，与操作票一体化流转。

3.4 配电网动态感知与预警

配电网中，当前及未来态电网运行状态定量感知困难；告警信息繁多，无法准确定位关键源信息及相互关联；电网规模巨大，运行信息繁多，无法主动分析报警。所以通过配电网动态感知与预警功能可以实现根据实时及预测结果对当前及未来态进行定量分析评估；根据实时及历史及预测结果，对告警信息深入挖掘，发现关键源信息点，分析各个信息直接的相关性，报警主要缺陷及故障；综合分析结果实时分析，主动推送，实现预警。

4 省级配电业务运维管理应用

省级配电业务运维管理应用主要包括一个配电网生产运维业务的管控支撑平台，以及在此基础上的各项运维管控业务功能。

业务管控支撑平台通过建立核心业务规则和流

程, 定制标准化工作模板, 结合 workflow 引擎, 实现业务流程建立、业务执行及反馈、处理结果审核、效果评价、管理考核等业务流程的全过程管控, 从而实现定性、定量的分析评价各项业务工作开展的情况, 为业务督导提供数据和技术支持。

以低电压治理业务为例, 设定低电压治理条件, 自动过滤低电压越限比例大、运行时间长的台区, 生成低电压治理管控工单, 下发基层业务部门分析原因, 制订治理措施。基层业务部门进行低电压治理业务执行, 并及时进行业务执行反馈。进行低电压治理效果评估, 统计治理后台区电压和末端用户电压运行情况, 对比治理前的低电压越限比例和低电压运行时间等数据, 综合评估低电压治理的效果。通过统计各单位低电压台区比例、低电压运行时间、低电压治理参与度、治理效果等指标, 进行各单位综合排名, 促进各单位低电压治理工作的参与度和效果。

配电运维管控业务功能主要包括全景运维数据中心、配网停电管理、配变运行监测、配网运行分析、业务管控KPI指标、配网运维驾驶舱、辅助决策分析等。

全景生产运行数据中心是生产运维业务管控的数据基础, 充分利用现有业务系统的建设成果, 获取各类业务数据, 经过数据规范、清洗、融合, 形成全景生产运行数据中心。配网停电管理包括停电信息采集、停电信息监测、停电范围分析、停电原因分析, 对全省各基层业务单位的停电情况进行综合管理分析, 提高停电管理业务水平。配变运行监测对配变设备的运行数据进行分析计算, 指明异常的配变, 并对无功补偿效果进行监测。配网运行分析基于配电线路和配电变压器的监测数据, 对配电网的主要运行状况进行数据分析处理。业务管控KPI指标动态监督各项指标的完成情况, 便于及时掌握各项任务工作的进展, 及时纠偏, 保障最终指标的完成。配网运维驾驶舱通过对多维度KPI指标体系监视、多维度可视化分析, 进行综合业务展示, 宏观展示配网运行工况, 并可根据需要进行面向对象的全景数据展示。辅助决策分析通过对配变运行趋势分析、配变健康状态分析, 实现配变状态检修辅助决策; 通过设备年限分析、设备故障分析, 实现设备大修技改辅助决策; 通过配变设备规模分析、负荷裕度分析, 实现配网规划辅助决策。

5 总部统一管控功能支撑

为了保障配电网自动化建设的一致性、规范性, 主要电网公司都加强了系统建设和运行的统一管

控。总部层面除了要建立一系列的规范、标准外, 还要确保下属单位认真落实, 切实履行。所以基于其管控功能, 提供技术支持是总部层级对配电网自动化应用的迫切需求。

首先, 要对其规范的一致性等各种仿真实验与测试手段。提供一套模拟运行环境控制, 并实现FA处理逻辑测试、通信规约一致性测试、IEC 61850标准一致性测试、终端即插即用实验等。

其次, 对配电网自动化系统的运行状况进行监测分析。如主站系统运行率、终端设备在线率、遥信动作正确率、遥控使用率、成功率、FA动作准确率等各项指标的统计, 并进行综合分析, 归纳总结规律, 不断改进系统建设工作。

6 结语

本文结合智能配电网自动化的应用实践, 从系统建设模式、相关功能、不同层级应用需求等进行了分析, 探讨配电网自动化系统的建设与应用。

参考文献

- [1] 刘健, 张志华, 张小庆, 等. 继电保护与配电网自动化配合的配电网故障处理[J]. 电力系统保护与控制, 2011, 39(16): 53-57, 113.
LIU Jian, ZHANG Zhihua, ZHANG Xiaoqing, et al. Relay protection and distribution automation based fault allocation and restoration for distribution systems[J]. Power System Protection and Control, 2011, 39(16): 53-57, 113.
- [2] 罗梅, 杨洪耕. 配电网故障定位的一种改进通用矩阵算法[J]. 电力系统保护与控制, 2012, 40(5): 64-68.
LUO Mei, YANG Honggeng. An improved general matrix algorithm for fault locating in distribution system[J]. Power System Protection and Control, 2012, 40(5): 64-68.
- [3] 张延辉, 郑栋梁, 熊伟. 10 kV 馈线自动化解决方案探讨[J]. 电力系统保护与控制, 2010, 38(16): 150-152, 156.
ZHANG Yanhui, ZHENG Dongliang, XIONG Wei. Discussion of 10 kV feeder automation solutions[J]. Power System Protection and Control, 2010, 38(16): 150-152, 156.
- [4] 张伟. 一种智能分布式馈线自动化故障判定方法[J]. 电力系统保护与控制, 2013, 41(5): 108-113.
ZHANG Wei. An intelligent distributed feeder automation fault judgment[J]. Power System Protection and Control, 2013, 41(5): 108-113.
- [5] 王增平, 姚玉海, 郭昆亚, 等. 基于等级偏好优序法和

- 切负荷的配电网故障恢复[J]. 电工技术学报, 2015, 30(20): 185-192, 209.
WANG Zengping, YAO Yuhai, GUO Kunya, et al. Distribution network service restoration based on rank preference optimal and load shedding[J]. Transactions of China Electrotechnical Society, 2015, 30(20):185-192, 209.
- [6] 陈春, 汪泓, 刘蓓, 等. 一种避免不可行解的配电网快速重构方法[J]. 电工技术学报, 2015, 30(7): 34-43.
CHEN Chun, WANG Feng, LIU Bei, et al. A fast network reconfiguration method avoiding infeasible solutions for distribution system[J]. Transactions of China Electrotechnical Society, 2015, 30(7): 34-43.
- [7] 周文俊, 李春健, 王良, 等. 分层分区的馈线自动化配置方案研究[J]. 电力系统保护与控制, 2013, 41(17): 71-76.
ZHOU Wenjun, LI Chunjian, WANG Liang, et al. Study on hierarchical and divisional configuration scheme of feeder automation[J]. Power System Protection and Control, 2013, 41(17): 71-76.
- [8] 刘健, 刘超, 张小庆, 等. 配电网多级继电保护配合的关键技术研究[J]. 电力系统保护与控制, 2015, 43(9): 35-41.
LIU Jian, LIU Chao, ZHANG Xiaoqing, et al. Coordination of relay protection for power distribution systems[J]. Power System Protection and Control, 2015, 43(9): 35-41.
- [9] 孟晓丽, 唐巍, 刘永梅, 等. 大规模复杂配电网三相不平衡潮流并行计算方法[J]. 电力系统保护与控制, 2015, 43(13): 45-51.
MENG Xiaoli, TANG Wei, LIU Yongmei, et al. Parallel computing of three-phase unbalanced power flow in large-scale complex distribution network[J]. Power System Protection and Control, 2015, 43(13): 45-51.
- [10] 冯欣桦, 黎洪光, 郑欣, 等. 计及不确定性的配电网环点安全性与经济性评估[J]. 电力系统保护与控制, 2015, 43(10): 30-37.
FENG Xinhua, LI Hongguang, ZHENG Xin, et al. Security and economy evaluation of closed loop point of distribution network considering uncertainty[J]. Power System Protection and Control, 2015, 43(10): 30-37.
- [11] 李辰雷, 卫志农, 韩连山. 序优化理论在配电网重构中的应用[J]. 电力系统保护与控制, 2015, 43(8): 41-48.
LI Chenlei, WEI Zhinong, HAN Lianshan. Application of ordinal optimization in distribution network reconstruction[J]. Power System Protection and Control, 2015, 43(8): 41-48.
- [12] 靳小龙, 穆云飞, 贾宏杰, 等. 面向最大供电能力提升的配电网主动重构策略[J]. 电工技术学报, 2014, 29(12): 137-147.
JIN Xiaolong, MU Yunfei, JIA Hongjie, et al. An active reconfiguration strategy for distribution network based on maximum power supply capability[J]. Transactions of China Electrotechnical Society, 2014, 29(12): 137-147.

收稿日期: 2016-07-02

作者简介:

王良(1963-), 男, 研究员, 国务院特殊津贴专家, 主要从事电力系统自动化方面的研究和应用工作。

(编辑 葛艳娜)