

江苏配电自动化规划分析

闫安心, 裴昌盛, 查申森, 秦 华

(江苏省电力设计院, 江苏 南京 211102)

摘 要:为提高供电可靠性、提升配电网智能化运行水平,对江苏省进行了 2015—2020 年配电自动化规划。首先介绍了江苏配电网现状,明确了规划依据和规划方法,并从主站配置、终端配置、通信规划三方面提出了详细的规划方案,确定了配电自动化建设规模和投资估算,最后分析了规划的成效。分析表明配电自动化规划和建设工作将带来可观的经济效益和社会效益。

关键词:智能配电网;配电自动化;规划

中图分类号: TN915.853

文献标志码: A

文章编号: 1009-0665(2015)03-0001-04

配电网作为整个电力系统中间环节,一方面承接上级电网、分配能源,另一方面直接面对终端客户^[1],并提供分布式电源、电动汽车等变革的接入支持^[2,3]。配电自动化也是实现智能配电网的重要手段^[3-5],是提高电网供电可靠性、运行效率的必然需要^[6,7]。

2015—2020 年期间江苏将由小康社会向基本现代化社会迈进,城乡统筹发展全面推进、人民生活水平不断提高以及分布式新能源密集发展等因素将继续推动配电网成为电网建设与发展的热点和重点。从 2012 年下半年起,江苏省电力公司先后在扬州、苏州、无锡等地开展了“一流配电网”建设工作,初步构建了统筹高效的“一流配电网”运营管理模式,为全面提升配网规划、建设、运检等专业管理水平,实现对终端用户的智慧、互动服务,提供了较为系统的建设和管理经验。为了加快构建现代配电网,提高配电网发展质量和配电自动化实用化应用水平,在配电网自动化试点项目实施经验基础上,对江苏省进行了 2015—2020 年配电自动化规划(2014 年的配电自动化项目已经确定,为计划执行年),可以更好地指导配电自动化下一阶段的工作。

1 现状分析

江苏经济的高速稳定发展,对于能源及电力供应能力增加的依赖性仍较强,需要配电网及上级电网适度超前建设,具备较为充裕的供电能力、转供能力、抵御风险能力,以满足整体供应能力需求、具备较强的发展灵活性,配电自动化是提高配电网灵活性的关键途径。近年来全省社会用电情况见表 1,2013 年配网设备统计见表 2。

截至 2013 年,江苏省在南京、扬州、苏州、南通、无锡、淮安、宿迁、盐城、连云港 9 个地市公司开展了配电自动化建设,覆盖范围为主城区的高负荷密度区和网

表 1 江苏省各年用电量、最大负荷及增速

年份	用电量 / (亿 kW·h)	用电量增 长率 / %	最大负荷 / MW	负荷增长 率 / %
2006	2570	17.2	42 060	17.4
2007	2952	14.9	49 770	18.3
2008	3118	5.6	49 940	0.3
2009	3314	6.3	56 420	13
2010	3864	16.6	64 040	13.5
2011	4282	10.8	69 480	8.5
2012	4581	7.0	72 430	4.2
2013	4957	8.2	81 910	13.1

表 2 江苏省 2013 年配电网设备情况统计

配电设备	馈线 / 条	配变 / 座	柱开 / 台	开关站 / 座	环网柜 / 座
设备总数	25 021	432 108	92 740	6601	26 078
具备监测装置	1305	11 210	2102	54	242
具备电动操作机构	1420	380 083	2558	657	1724
具备辅助接点		0	1256	3754	2321
具备电压互感器		0	780	2425	743
具备电流互感器		0	780	2286	1698
具备供电电源		0	1104	1635	2994
具备二次设备安装空间		0	6784	1454	1458

架成熟区域。到 2014 年末,完成江苏省 13 个地市配电自动化建设项目全覆盖。

2 配电自动化规划方案

2.1 规划依据

配电自动化规划依据主要有三类:一是有关配电自动化的规程、规范^[8,9];二是上级主网架(220~500 kV)规划报告、配电网(0.4~110 kV)规划报告;三是

省、各地市统计年鉴等文件。

2.2 规划方法

(1) 确定配电自动化建设的目的。不同的目的对应不同的规划和建设方案。终极目的是提高供电可靠性,直接目的主要有三:网络重构、故障定位、解决盲调。为实现网络重构,需要采用三遥,进行一次设备改造增设电动操作机构;故障定位,安装故障指示器即可;若为解决盲调,进行二遥建设即能满足。

(2) 分析配电网、配电自动化现状,根据现状提出规划目标。目标是到2020年,力争全省A+、A、B、C、D类供电分区中压线路实现配电自动化全覆盖;A+、A、B、C、D类供电分区供电可靠性分别达到99.999%、99.994%、99.988%、99.965%、99.905%。

(3) 结合配电网(一次)规划,划分每一规划年的规划范围。配电网规划根据负荷密度、行政区域将供电区域划分为A+、A、B、C、D几类^[8],配电网自动化规划需确定哪些供电区域为规划范围。

(4) 确定规划范围内的建设规模。规划中,不同的供电分区对应不同的建设标准,根据这些标准以及建设项目对配电自动化主站、终端、通信进行规划,并确定规模。

(5) 形成项目投资和规划项目清单。

2.3 主站规划

在南京、苏州等9个地调已经建设配电自动化主站系统的基础上,2014年完成常州、镇江、泰州、徐州等4个地调的配电自动化主站系统建设,全面完成全省13个地调配电自动化主站系统的建设。从2014年开始将进一步深化配电自动化相关应用,进一步完善配电网图形电子化、配电网网络重构、分布式电源控制、配电网在线风险评估与管理等应用功能,提升配电自动化系统实用化水平。

2.4 终端规划

终端规划是配电自动化规划的核心问题之一,直接决定了配电自动化工程的建设规模。理论上已有文献^[10,11]对每条馈线上配电终端配置数量规划问题进行了研究。对于全装三遥的终端,数量应满足:

$$k_3 \geq \frac{t_3 F}{8760(1-AF_{\text{set}})} - 1 \quad (k_3 \geq 0) \quad (1)$$

对于全装二遥的终端,数量应满足:

$$k_2 \geq \frac{t_2 F}{8760(1-AF_{\text{set}})-t_2 F} - 1 \quad (k_2 \geq 1) \quad (2)$$

对于 k_3 台三遥与 k_2 台二遥终端结合的情形, k_3 , k_2 应分别满足:

$$k_3 \geq \frac{F[(1+h)t_2+t_3]}{8760(1-AF_{\text{set}})(1+h)} - 1 \quad (k_3 \geq 0) \quad (3)$$

$$k_2 = (k_3 + 1)h \quad (4)$$

$$h \geq \frac{t_3 F}{8760(1-AF_{\text{set}})(1+k_3)-t_2 F} - 1 \quad (h \geq 1) \quad (5)$$

以上是网架结构满足N-1的情况,若对于乡村常见辐射状网配电网,则仅安装二遥终端,数量应满足:

$$k_2 \geq \frac{t_3 F}{17520(1-AF_{\text{set}})-t_3 F-2t_2 F} - 1 \quad (k_2 \geq 1) \quad (6)$$

式中: k_2 , k_3 为该线路上二遥、三遥数量; AF_{set} 为只计及故障因素造成停电的可靠性; t_2 为在故障定位指引下由人工进行故障区域隔离所需时间; t_3 为故障修复所需时间; h 为三遥开关对线路分段后,该分段内两遥终端数目; F 为馈线年故障率。针对每个供电分区 AF_{set} 、 t_2 , t_3 , F 取平均值,按式(1—6)计算,同时终端配置数量也遵循下列原则:

(1) A+类区域配电终端的配置方案。A+类区域网架中的关键性节点,如主干线联络开关、必要的分段开关,进出线较多的节点,配置三遥终端。如图1所示。

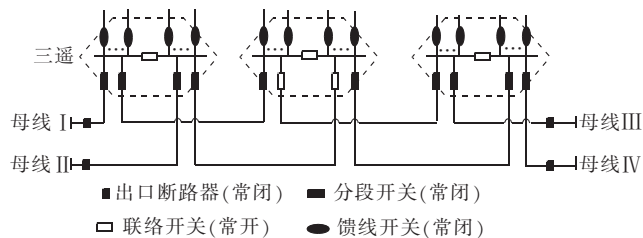


图1 A+类区域配电终端配置布点

(2) A、B类区域配电终端的配置方案。对A、B类区域网架中的关键性节点,如主干线联络开关、必要的分段开关,进出线较多的节点,配置三遥终端;对一般性节点,如分支开关、无联络的末端站室,配置二遥终端。如图2所示。

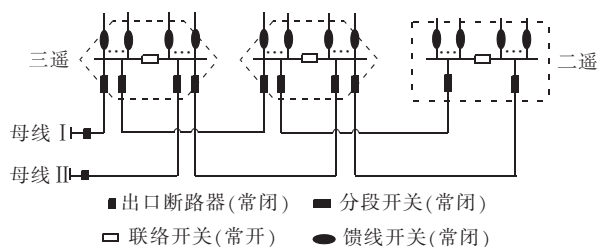


图2 A、B类区域配电终端配置布点

(3) C、D类区域配电终端的配置方案。对C、D类区域而言,网架中的开关站、环网单元和配电室以及柱上开关属于一般性节点,配置二遥终端;对部分柱上开关可考虑配置一遥终端。如图3所示。

(4) 节点选择需注意的问题。配电自动化改造节点的选择原则为在该节点改造后应“有助于分割负荷或转移负荷,实现故障区段隔离、非故障区段恢复供电”,也即选择关键性节点。关键性节点包括以下几类:① 联络开关;② 必要的分段开关,该开关应能对用户或负荷进行分割(变电站出口后第一个开关不宜改造,

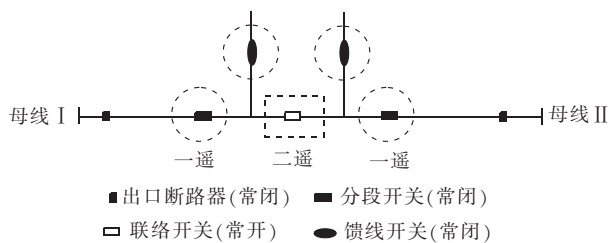


图3 D类区域配电终端配置布点

因为有一端无负荷或用户),实施节点疏密程度可进行调整;③ 进出线较多的节点;④ 有一支出线为重要用户的节点。

开关站宜选为改造节点,因为开关站多为关键性节点且实施条件较好。配电房、箱变节点可不进行改造,因为该类接点靠近线路末端不是“关键性节点”,且可以通过用电信息采集系统获取该节点状态。

2.5 通信规划

2013年、2014年全省分别有9个、13个地区开展了配电通信网建设。2015年全省开始全面推进配电通信网建设,A+、A类区域实现光纤全覆盖,B、C、D类区域三遥节点光纤全覆盖,B、C、D类区域二遥节点主要采用无线公网覆盖,局部采用光纤覆盖。至2020年底,江苏省将基本建成光纤与无线方式相结合,配电自动化终端全覆盖的10 kV配电通信网。

光纤通信的技术体制推荐采用以太网无源光网络(EPON),在变电站侧配置光线路终端(OLT)设备,配电节点配置光网络单元(ONU)设备,组网方案推荐采用手拉手或环形拓扑结构。无线公网推荐采用虚拟专线方案,配电通信终端通过专用接入点名称(APN)接入公网,与主站系统构成一个广域的虚拟专用网络,从而提供了远方监控单元与主站系统的双向通信链路。

3 规划结果

3.1 规划建设规模

2015—2020年配电自动化规划涉及全省13个地级市,供电区域类型涵盖A+、A、B、C、D五类。到2020年,实现覆盖区域内三遥终端规模42 357台,占比24.4%,”二遥”终端131 153台,占比75.6%。2015—2020年江苏配电自动化建设规模见表(3—5)。

3.2 投资估算

按照前期配电自动化工程实施情况,对江苏规划区域配电网自动化投资进行了估算汇总,2015—2020年共计投资83.97亿元,各年的投资见表6。

4 成效分析

4.1 经济效益

供电可靠性从2013年的99.935%提高至2020年的99.955%,这将提升增售电量,其中配电自动化系统

表3 江苏配电自动化建设一次设备改造规模

供电区域类型	2015年	2016年	2017年	2018年	2019年	2020年
新增配电自动化覆盖线路条数/条	1676	2395	4318	5158	4748	3166
线路条数/条	42 296	49 984	59 137	68 747	71 147	47 432
环网单元/座	3314	2771	5250	5251	5309	3539
开关站/座	6	136	2723	2722	2233	1488
配电室/座	0	0	1113	1113	890	594
柱上开关/台	9143	9044	22 998	22 997	22 016	14 677

注:箱式变电站为0。

表4 江苏配电自动化建设配电自动化系统规模

供电区域类型	2015年	2016年	2017年	2018年	2019年	2020年
馈线自动化集中式/条	1676	2395	4318	5463	4870	3247
故障监测方式/条	0	0	13 780	13 780	11 024	7349
站所终端/个	3818	3920	10 340	10 340	9840	6560
馈线终端/个	8279	6787	17 761	17 761	16 919	11 279
故障指示器/个	1482	4107	9697	9697	9400	6267

注:新建主站为0;故障处理模式中分布式、重合器式均为0。

表5 江苏配电自动化建设通信网规模

供电区域类型	2015年	2016年	2017年	2018年	2019年	2020年
光缆长度/km	5 343.0	6 712.0	7 905.5	7 905.5	8 626.0	5 750.0
光通信设备/套	9055	7165	6835	6654	4048	2699
无线公网/套	3042	3542	21 266	21 447	22 711	15 140

表6 配电自动化各年投资

项目	2015年	2016年	2017年	2018年	2019年	2020年
一次设备	5.09	4.11	6.43	6.55	5.69	5.69
主站	1.05	0.39	0.59	0.59	0.53	0.53
终端	2.82	2.96	4.44	4.55	3.98	3.98
通信网	3.69	3.71	4.24	4.24	4.06	4.06
合计	12.65	11.17	15.7	15.93	14.26	14.26

的贡献率约占30%。以2020年为例,全省用电量按6800亿kW·h计,综合电价以0.6元/(kW·h)计,则实施配电自动化仅当年增售电量一项带来的直观经济效益就能达到2448万元。

另一方面,配电自动化通过馈线故障处理功能实现故障的快速定位与隔离,将有效缩短故障检测时间,减少故障现场检测成本、人力成本。三遥节点通过远程倒闸则能大大节省现场操作成本。

同时,实现配电自动化后,可以优化配电网经济运行水平,改善轻载、重载情况,提高一次设备的整体运行效率。

4.2 社会效益

实现配电自动化后,可以提高供电可靠性,大大改善电能质量和用电服务,避免供电质量带给工商业用户的损失,产生可观的社会效益。

配电自动化工程通过线损控制,节能减排,服务低碳社会。实现配电自动化后每年可通过降低线路损耗减少二氧化碳排放,并减少由于发电而产生的碳粉尘、二氧化硫等有害物质排放。

4.3 管理效益

为配网调度、运行、检修、管理提供了有效的技术手段,彻底改变了以前配网盲调、全人工运行维护等模式。将配网调度监控、配网运行维护集中管理,实现了配网管理集约化、精细化、专业化,提升配网管理水平。

5 结束语

在配电网设备现状的基础上,结合配电网一次规划,根据供电分区的具体规划要求,确定了江苏省2015—2020年的配电自动化建设规模和投资估算,为下一步的配电自动化开展实施提供了指导和依据。

配电自动化建设将有效地提升电网运行安全性和用户供电可靠性,并能带来巨大的经济、社会、管理效益,但在进行配电自动化规划时也要注意:(1) 配电自动化规划应与配电网(一次)规划、通信网规划相衔接。按照“一次决定二次、二次决定通信”的规划思路,力图一次网架、配电自动化系统、配电通信网协调发展,避免因实施配电自动化而进行重复建设。(2) 根据A+、A、B、C、D五类供电分区的需求合理配置配电自动化方案,因地制宜、分步实施。打破“站点必上配电自动化、配电自动化必上三遥”的观念,严格控制三遥比例。(3) 建设初期若该追求线路覆盖率,则每条线路上安装1~2台终端即可。这样做的好处是先做好各方面的培训和准备工作,后期扩容极为方便。(4) 加紧培养配电自动化运维、配电网调度、管理等方面的专业人

才。从实际运行经验来看,配电网可靠性的提升很大一部分取决于管理水平,再智能的系统也无法替代人的作用。

参考文献:

- [1] 沈道义,杨振睿,何正宇. 智能配电网供电模式与优化规划研究展望[J]. 华东电力,2012,40(9):1395-1398.
- [2] 吴万禄,韦 钢,谢丽蓉,等. 含分布式电源与充电站的配电网协调规划[J]. 电力系统保护与控制,2014,42(15):65-71.
- [3] 李振坤,田 源,董成明,等. 基于随机潮流的含电动汽车配电网内分布式电源规划[J]. 电力系统自动化,2014,38(16):60-66.
- [4] 徐丙垠,李天友,薛永端. 智能配电网与配电自动化[J]. 电力系统自动化,2009,33(17):38-41.
- [5] 吴国沛,刘育权. 智能配电网技术支持系统的研究与应用[J]. 电力系统保护与控制,2010,38(21):162-165.
- [6] 王宗耀,苏浩益. 配网自动化系统可靠性成本效益分析[J]. 电力系统保护与控制,2014,42(6):98-102.
- [7] 张 宇. 基于TOSCAN-D4000系统的城区配网自动化研究[D]. 北京:华北电力大学,2011.
- [8] 国家电网公司. Q/GDW 738—2012 配电网规划设计技术导则[S].
- [9] 国家电网公司. Q/GDW 11184—2014 配电自动化规划设计技术导则[S].
- [10] 刘 健,程红丽,张志华. 配电自动化系统中配电终端配置数量规划[J]. 电力系统自动化,2013,37(12):44-50.
- [11] 刘 健,林 涛,赵江河,等. 面向供电可靠性的配电自动化系统规划研究[J]. 电力系统保护与控制,2014,42(11):18-21.

作者简介:

- 闫安心(1986),男,湖北枝江人,工程师,从事配电网方面的设计和研究工作;
- 裴昌盛(1990),男,江苏姜堰人,工程师,从事配电网方面的设计和研究工作;
- 查申森(1980),男,安徽芜湖人,高级工程师,从事特高压直流输电、配电网方面的设计和研究工作;
- 秦 华(1980),男,江苏扬中人,高级工程师,从事输电网、配电网方面的设计和研究工作。

Analysis of Jiangsu Distribution Automation Planning

YAN Anxin, PEI Changsheng, ZHA Shensen, QIN Hua

(Jiangsu Electric Power Design Institute, Nanjing 211102, China)

Abstract: In order to improve power supply reliability and enhance intelligent operation level of power distribution network, this paper proposes a planning proposal for the automation system of the Jiangsu distribution network in the period of 2015 to 2020. It firstly introduces the current status of the Jiangsu distribution network. Secondly, it defines the planning basis, and proposes the planning scheme in details, such as main station configuration, terminator configuration and communication planning. Then, distribution automation construction scale together with investment estimate are determined. Finally, the performance of the planning is analyzed. The results indicate that the proposed planning produces great economic and social returns.

Key words: smart distribution grid; gistribution automation; planning