

新型城镇配电网形态特征及典型供电模式

向 驰¹, 石文娟¹, 于 伟¹, 周建华², 孙 蓉²

(1.国网电力科学研究院, 北京 102200; 2.江苏省电力公司电力科学研究院, 江苏 南京 211103)

摘 要:介绍了传统城镇配电网的现状及其局限性, 分析了新型城镇配电网的形态特征, 重点阐述了配电网运行指标的影响因素及相应的技术措施, 进一步研究了电网结构、设备水平、自动化水平、分布式电源并网、无功补偿几个方面对配电网运行指标的量化影响。以《国家新型城镇化规划》为指导, 综合考虑配电网规划的影响因素, 将新型城镇配电网供电模式分为绿色型、智慧型、人文型三大类, 以绿色型子类绿色能源型为例, 分析了配电网建设的必要性及供电模式建设目标、建设内容和模式配置, 提出了6种供电模式建设的重点内容、指标要求及技术措施。

关键词:供电模式; 分布式电源; 新型城镇; 配电网

中图分类号: TM727

文献标志码: B

文章编号: 1009-0665(2016)03-0064-04

由于能源分布、经济发展水平、负荷密度、环境等因素的差异, 我国配电网主要采用辐射状配电网架, 馈线分段数较少且不够合理, 部分区域虽已实现了“手拉手”联络, 但馈线备用容量不足, 故障时难以实现大量负荷转供。新加坡配电网主要采用花瓣状环形设计, 有效缩短停电时间, 减小停电频度, 提高供电可靠性。欧美国家以双电源单辐射供电方式为主, 供电电源容量较大, 且满足 $N-1$ 要求, 出线为单辐射方式, 供电半径较长, 采用重合器分段, 线路简单、供电可靠。日本配电网的发展途径与欧美国家不同, 采用环网供电方式, 线路上安装自动故障识别的柱上开关, 并与重合器、分段器、变电站馈线开关等相互配合, 实现故障自动定位、故障隔离和非故障区恢复供电。

目前, 针对我国配电网供电模式已有相关研究, 小城镇典型供电模式兼顾不同经济水平和负荷特性的城镇发展需求, 满足城镇用电需求增长快、供电可靠性高等要求, 以中压电网为主, 并兼顾低压电网^[1]。新农村供电模式主要针对农网规划建设层面的实际需要, 着眼于优化电网资源配置, 满足农网差异化供电需求, 具有结构紧凑、维护方便、节约占地、建设周期短等特点^[2]。2种供电模式未能充分体现新型城镇“低碳、绿色”的建设宗旨, 配电网规划未考虑分布式电源(DG)接入对电网的影响, 仅依靠增加配电网的设备裕度难以消纳高渗透率的分布式能源, 实现清洁能源的充分利用。根据我国城镇地域分布、能源结构、产业结构、经济发展水平等因素, 分析了新型城镇配电网的形态及发展需求。文中讨论了配电网指标的影响因素及配电网规划的影响因素, 在此基础上提出6种供电模式建设的内容及目标。

1 传统城镇配电网与新型城镇配电网的形态特征

我国各地城镇产业结构与地域特征不同, 配电网

规划也存在差异性。牧区城镇配电网存在供电面积大、人口密度低、用电负荷单分散、供电距离长、配电网结构简单、电网运行和建设环境复杂等特点。旅游城镇配电网线路布置较乱、架空线路纵横交错、既不与原生态建筑物美观协调又不利于运行管理^[3]。农业城镇配电网压合格率低、网损较大、供电可靠性差、自动化程度低。工业城镇的配电网供电可靠性不高, 电压质量较差, 电力线走廊紧张, 扩建困难, 影响城镇规划扩张发展。具有丰富新能源资源的城镇, 其配电网对新能源的接纳能力不高, 未实现高渗透新能源的平滑入网。

《国家新型城镇化规划》中指出推动城镇绿色发展, 提高智能化水平, 增强历史文化魅力是新型城镇的发展趋势。新型城镇电网应从我国配电系统建设相对滞后的现状出发, 优化网络结构, 优化电压等级, 降低网损, 提高供电能力, 满足迅速增长的电力需求。同时, 按照智能电网的建设要求, 在规划流程、建设模式、工具和方法等方面做出相应创新和发展, 充分利用分布式电源、微电网、智能用电、电动汽车等新能源产业的清洁环保、发电灵活优势, 有效解决大电网的多种弊端。分布式电源的接入对配电网的规划设计、接入管理、运行检修、安全协调控制等也提出了更高要求。为满足城镇的经济发展和电力扩张需求, 实现配电网升级, 新型城镇电网规划建设应具有分布式电源即插即用、“自愈”和优化运行、网络拓扑灵活、电网与用户互动等功能, 实现坚强配电网智能化、自动化。

2 城镇配电网运行评价指标及技术措施

配电网电能质量、可靠性、经济性已成为是否满足用户基本需求、实现社会利益最大化的重要指标。

2.1 电能质量

根据《电能质量》标准, 电能质量包含4个方面, 其中电压合格率为最重要指标。分布式能源并网产生的谐波使配电网电压产生畸变, 造成配电网电压不达标,

电能质量下降^[4],因此,解决电能质量问题仍迫在眉睫。目前,主要的技术手段有有载调容变、线路调压器、各类无功补偿装置、谐波治理、电压无功三级联调等,但某些地方自动化程度低,无法依据负荷变化实现有载调压、无功补偿设备自动投切^[5,6]。

2.2 供电可靠性

供电可靠性是衡量配电网系统的重要指标,建立双回路供电及多分段多联络的网络结构,增大设备裕度、线路之间联络和切换能力是提高可靠性的重要手段^[7]。随着技术的发展,采用带电作业故障处理技术、馈线自动化、生产抢修指挥平台等技术和系统缩短故障处理时间^[8]。

2.3 网架结构

配电网的网架结构和设备参数决定配电网的最大供电能力,通过比较多种网络结构的供电能力和设备利用率,4×6 网络设利用率最高,供电能力最优^[9]。配电自动化技术和智能开关设备的使用、DG 接入也将扩增配电网供电能力。文献[10]指出增加变电站联络数量、优化联络分布、增大联络极限容量和分段开关配置等措施优化电网结构,合理配置主变容量和台数、主变负载率上下限及导线截面积等是提高配电网供电能力的主要措施。

2.4 经济性

配电网经济性是配电网建设和运行过程中的重要指标,其运行经济性主要在线损率和设备利用率角度分析。文献[11]在设备利用率、可靠性、短路容量、网损、电能质量等方面对配电网的接线方式进行了比较,指出配电网的接线方式直接影响设备利用率和可靠性。配网规划中采用年最小收入的数学模型确定电网供电方案和最经济可靠的接线模式,实现更好的经济效益和社会效益。文献[12]在电网规划建设因素、电网技术因素、运行管理因素、外在因素 4 个方面对配电网线损进行了分析,其中配电变压器损耗在配电网损耗中所占比重较大,而线损是影响配电网经济性的直接因素。通过调研分析,对提高配电网运行指标的主要技术措施进行了总结,如图 1 所示。

根据上述文献总结和现场工作经验,总结了电网建设内容对电网评估指标的影响,详情见表 1。

3 新型城镇配电网供电模式影响因素及分类

文献[13]研究了经济发展水平、自然灾害、地区特点对配电网安全性、可靠性、经济性、抗灾性的评价指标影响,并根据区域实际状况调整权重,规划符合实际需要的配电网。通过文献调研分析,参考配电网规划建设的影响因素,并结合专家意见确定了对配电网规划建设的影响因素指标,包括城镇人口、产业

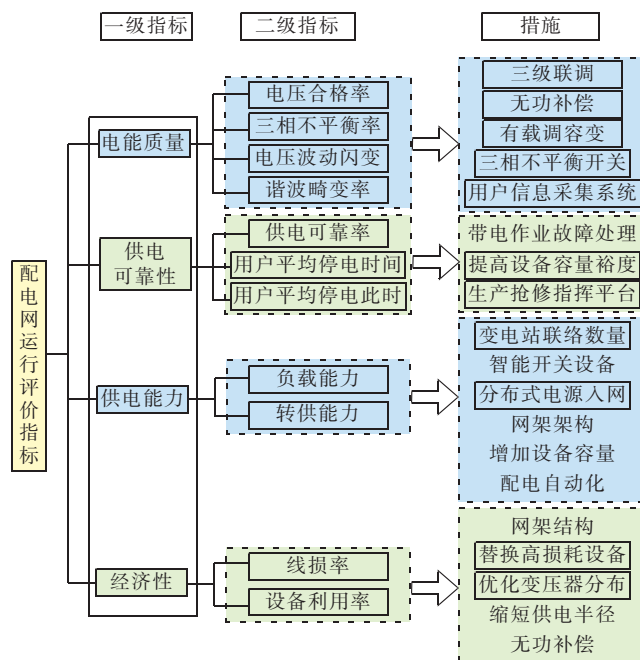


图 1 优化配网运行的技术措施

表 1 配电网建设内容对评价指标的影响

评价指标	电网结构	设备(变压器、线路)	自动化水平	新能源	无功补偿
电能质量	小	小	中	差	大
供电可靠性	大	中	大	中	小
供电能力	中	大	小	中	小
经济性	中	中	小	中	中

备注:大为起决定性影响作用;中为直接影响;小为间接影响;差为逆向直接影响。

结构、人均 GDP、环境、能源结构、负荷性质、公共服务等因素,决定着电网的可靠性、电能质量、电网结构、新能源渗透率、供电能力等不同等级的要求。浙江嘉兴建立光伏产业“五位一体”创新综合试点,开展屋顶光伏发电集中连片开发模式,成为绿色能源型城镇建设的标本。中新天津生态城配电网自动化系统具有智能分析、自愈控制功能,满足分布式电源的接入要求,有利于实现风、光等可再生能源在生态城的广泛开发利用。

新型城镇典型供电模式以中压电网为主,并兼顾低压电网,将城镇配电网分为 A(绿色型)、B(智慧型)、C(人文型)三类,如表 2 所示。

4 绿色能源型城镇配电网供电模式

4.1 绿色能源型城镇配电网建设需求

以绿色能源型为例,配电网规划发展要充分考虑新能源(如电动汽车、DG)带来的影响。分布式发电与传统发现形势相比,优点尤为突出。发电成本低,能源利用率高,具有较好的经济性,与配电网充分协调,具有调峰作用,减小电网发展压力;投资小,建设周期短,且有利于保护环境。但 DG 的接入及其布点给配电网

表 2 新型城镇配电网分类

类型	类型名称	子类型	子类型名称	建设重点
A	绿色型	A1	绿色能源型	提高可再生能源消费比重
				提高可再生能源就地消纳率
				提高储能配置比
				提高系统备用容量
				提高 DG“即插即用”标准化率
		A2	绿色消费型	提高绿色建筑比例 提高电动汽车比例
B	智慧型	A3	绿色科技型	提高节能型设备使用比例
				提高能效管理水平
				提高无功补偿率
				降低三相负荷不平衡度
				提高电压质量
		B1	智慧用电型	提高智能表计比例
				提高智慧家庭、智慧社区比例
C	人文型	B2	智能电网型	提高家庭宽带接入能力
				提高自助服务设备覆盖率
				提高基础设施自动化
				提高智能化水平程度
		C	人文型	提高电网设备可观测水平
				提高负荷控制率
				完善基础建设
				安装免维护设备
				提高服务水平
				提高规划管理信息化水平

规划、运行、管理等带来了挑战。具有随机波动性、间歇性的 DG 给配电网准确预测负荷增长带来困难,双向潮流直接影响传统配电网调压和继电保护,DG 并网过程中逆变器产生高频谐波影响电能质量,给电网造成污染。文献[14]指出 DG 的接入位置和接入容量直接影响着配电网的电压分布、潮流方向和线损。

配电网建设鼎力支撑新型城镇“绿色”发展,充分发挥绿色能源的优势。要求配电网在供电可靠性、电能质量、电力装备、运行管理等方面具有较高的水平。文献[15]针对 DG 出力随机性、安全可靠运行、电力设备利用率降低等问题分别建立电网规划模型,并进行安全性、经济性、适应性比较。文献[16]研究了采用先进的粒子群算法进行网络重构、无功优化,实现配电网优化运行。因此,配电网若大量消纳 DG,并保证配电网可靠、安全、经济运行,必须采用先进的通信技术、配电自动化、传感测量技术等实现配电网智能化、自动化、规范化、标准化。

4.2 绿色能源型城镇配电网供电模式

绿色能源型城镇的供电电源主要有电网和 DG,其供电模式转变为集中、分散相结合的方式。线路以环网和含分布式电源的辐射结构为主,具有灵活的电

网拓扑结构和网络重构功能,满足高渗透率 DG 并网。同时,积极发展储能技术,如燃料电池、UPS 电源等储能装置,更好的服务于电网的错峰调谷、资源优化配置。绿色能源型供电模式详细内容如表 3、表 4 所示。

表 3 绿色能源型配电网建设目标和内容

类型名称	绿色能源型	
建设目标	DG 渗透率	≥30
	综合能源利用效率 /%	≥80
	储能配置比 /%	15~25
	系统容量备用率 /%	15~25
	DG“即插即用”标准化率 /%	100
建设内容	清洁能源	
	风力发电	
	光伏发电	
	生物能	
	其他	
	储能技术	
	燃料电池 电力蓄热、蓄冷	

表 4 绿色能源型配电网模式配置

项目	具体内容		
线路	线路形式	架空绝缘线 / 电缆	
	分段设备	柱上开关 / 环网柜	
	分接设备	负荷开关 / 电缆分支箱 / 断路器	
设备	配变	公变	柱上变 / 箱变 / 配电站
		用户变	配电站 / 箱变
	接入变电站母线		
	接入配电线路 / 多 DG 接入配电线路		
电网结构	接入用户		
	DG 接入方式		
	环网 / 含 DG 的单辐射 / 手拉手		
	接入用户		
自动化及信息化	信息化	DG 运营管理系统、用电信息采集系统、智能监控装置	
	自动化	配电自动化、调度自动化	
	电源质量监控	电能质量在线监测装置 滤波装置 / 滤波监测装置	
	防孤岛措施	防孤岛装置	
技术	无功补偿		自动无功补偿

5 新型城镇配电网供电模式

依据第二节的分析结果,不同类型的配电网供电模式采取相应的技术措施,保障配电网的适应性和安全可靠。以《国家新型城镇化规划》、《小城镇典型供电模式》、《新农村典型供电模式》、《配电网规划设计技术导则》及关于主动配电网课题的 863 项目中数据指标为指导,按照城镇的发展趋势和资源优势进行子类划分,将新型城镇配电网分为三大类,A 类主要是以绿色能源的利用与消费为主;B 类以提高智能化水平为主,实现电网与用户互动;C 类以提高服务水平为主。

在此基础上,按照城镇的发展趋势和资源优势进行子类划分,每种子类的具体建设指标如表 5 所示;由于每种供电模式建设目标侧重点不同,采用的技术措施也不同,如表 6 所示。

表 5 配电网供电模式类型指标

类型名称	指标名称	指标数值
A1 类绿色 能源型	分布式能源渗透率 /%	≥30
	能源综合利用效率 /%	≥80
	储能配置比 /%	15~25
	系统容量备用率 /%	15~25
	DG“即插即用”标准化率 /%	100
A2 类绿色 消费型	绿色建筑占新建建筑比例 /%	≥20
	新能源汽车占比 /%	≥10
	充电站(桩)密度 /[个/(km) ²]	≥0.5
A3 类绿色 科技型	节能型设备占比 /%	≥80
	10 kV 线路综合线损率 /%	≤50
	10 kV 线路供电半径 /km	≤5
	低压台区供电半径 /m	≤300
	低压台区三相负荷不平衡度 /%	≤2
B1 类智慧 用电型	电压合格率 /%	≥98.5
	智能表计比例 /%	≥50
	智慧家庭、智慧社区比例 /%	≥10
	平均家庭宽带接入能力 /Mbps	≥4
	供电所自助服务设备覆盖率 /%	100
B2 类智能 电网型	社区信息服务系统覆盖率 /%	≥99
	智能电表计覆盖率 /%	100
	10 kV 线路配电自动化覆盖率 /%	≥10
C 类人文型	公变智能台区建设率 /%	100
	免维护设备覆盖率 /%	100
	10 min 缴费圈覆盖率 /%	≥10

表 6 配电网供电模式技术措施

类型名称	电网指标	采用的技术	共用技术
A1 类绿色 能源型	供电可靠性 >99.8% 电压合格率 >98.0%	DG 运营管理系统、智能 监控装置、调度自动化	用电信息 采集系统 配电自动 化、无功 补偿
A2 类绿色 消费型		充电站监控系统	
A3 类绿色 科技型		节能型变压器、三相负荷平 衡技术、阶梯电价、节能电器	
B1 智慧 用电型	供电可靠性 >99.9% 电压合格率 >98.5%	智能配电台区、生产抢 修指挥平台、智能计量 装置、用户互动平台	用户用电 信息采集 系统、配 电自动化 系统
B2 智能 电网型		全景可视化监视系统、 电压无功协调控制	
C 人文型	供电可靠性 >99.7% 电压合格率 >97.0%	免维护设备 淘汰高损设备	

6 结束语

分析了新型城镇配电网的形态特征及发展趋势,

提出了 6 种供电模式,兼顾不同经济水平、不同环境、不同资源结构的城镇发展需求,保证电网布局合理、供电可靠、安全经济,逐步实现线路绝缘化、装备智能化、配电自动化和管理信息化,满足需要,适当超前,建设具有标准性、可复制性、差异性的配电网供电模式。

参考文献:

[1] 国家电网公司办公厅. 国家电网农[2010]1591 号 国家电网公司小城镇典型供电模式标准[R]. 2010.

[2] 盛万兴,宋晓辉,史常凯. 新农村电气化村典型供电模式[J]. 电力系统自动化,2008,32(17):104-107.

[3] 石发仁. 贵州原生态旅游小城镇 10 kV 配电网建设方案研究[J]. 贵州电力技术,2011,14(7):80-82.

[4] 韩智海. 分布式光伏并网发电系统接入配电网电能质量分析[D]. 济南:山东大学,2013.

[5] 王金丽,盛万兴,宋晓辉,等. 配电网电能质量智能监控与仿真治理[J]. 电网技术,2014,38(2):515-519.

[6] 许大卫,陈天华,陈建华,等. 地区电网与新能源无功协调控制[J]. 江苏电机工程,2015,34(2):41-44.

[7] 方向晖. 中低压配电网规划与设计基础[M]. 北京:中国水利电力出版社,2013:167-178.

[8] 吴思谋,蔡秀雯,王海亮. 面向供电可靠性的配电网规划方法与实践应用[J]. 电力系统及其自动化学报,2014,26(6):70-75.

[9] 姚福生,杨 江,王天华. 中压配电网不同接线模式下的供电能力[J]. 电网技术,2008,32(12):93-95.

[10] 郭晓丹. 配电网最大供电能力的性质与影响因素[D]. 天津:天津大学,2012.

[11] 程 琳,焦 岗,田 浩. 可靠性与经济性相协调的配电网规划方案[J]. 电网技术,2010,34(11):106-110.

[12] 冉 兵. 配电网线损影响分析因素[J]. 华中电力,2009,22(6):30-33.

[13] 刘 念,马 丽,朱铁铭. 计及抗灾能力和地区特点的配电网规划方案综合评估[J]. 电网技术,2012,36(5):219-225.

[14] 钟嘉庆,叶治格,卢志刚. 分布式发电注入容量与注入位置的优化配置分析[J]. 电力系统保护与控制,2012,40(7):50-55.

[15] 欧阳武,程浩忠,张秀彬,等. 考虑分布式电源调峰的配电网规划[J]. 电力系统自动化,2008,32(22):12-15.

[16] 赵晶晶. 含分布式发电的配电网运化运行研究[D]. 重庆:重庆大学,2009.

作者简介:

向 驰(1974),男,北京人,高级工程师,从事配电网相关技术研究及配套产品研发工作;

石文娟(1986),女,北京人,硕士研究生,从事配电网相关技术研究工作;

于 伟(1979),男,北京人,高级工程师,从事配电网运行分析与控制工作;

周建华(1983),男,江苏镇江人,工程师,从事新能源发电并网控制技术研究工作;

孙 蓉(1979),女,江苏江都人,高级工程师,从事电力系统仿真分析工作。

(下转第 70 页)

护套接缝满涂胶,护套就位后,用布扎带从护套一端依次缠绕到另一端,挤出气泡和多余的胶。



图6 导线绝缘裹敷完成后的场景

3.3 运行情况

方案实施后,经运行单位日常检查,护套无起泡、开裂、表面放电痕迹,用红外仪检查温升无异常、用紫外仪检查局部无放电痕迹。2005年春检时,登塔检查护套表面无明显老化现象以及放电痕迹,材料完好如初。一年多以来,线路前后经历了3次强风暴天气,安然无恙。

4 结束语

采用绝缘裹敷导线技术,在导线、金具上安装绝

缘护套,改变了导线与铁塔之间的电场分布,以防止输电线路风偏跳闸故障,不失为一种防风偏的好办法。由于工厂化预制,材料质量有保障,现场安装也很方便;由于材料绝缘,也可以带电安装。经过一年多的在线运行,已经初显成效。建议运行单位平时一要积累运行经验,配合安装在线气象监测装置;二要定期检查材料外表面电腐蚀情况,也要采用适当的技术检查材料内表面电腐蚀情况;三要生产、科研等单位联合研究、探讨运行、检修标准。

参考文献:

- [1] 500 kV 输电线路典型缺陷分析图册[M]. 北京:中国电力出版社,2014:59.
- [2] 国家能源局. DL/T 741—2010 架空输电线路运行规程[S]. 北京:中国电力出版社,2010.
- [3] 国家电网公司运维检修部. 国家电网公司十八项电网重大反事故措施(修订版)[M]. 北京:中国电力出版社,2012.

作者简介:

施惠冲(1959),男,江苏海门人,工程师,从事输电线路运行和检修工作;

汪海涛(1989),男,江苏溧阳人,助理工程师,从事输电线路运行和检修工作。

Application of Wire Insulation Wrapping Technology in Preventing Wind Drift

SHI Huichong, WANG Haitao

(Jiangsu Electric Power Maintenance Branch Company, Nanjing 211102, China)

Abstract: Taking the Dong San III 500 kV line as an example, this paper introduces the application of wire insulation wrapping technology in preventing wind drift. The insulation wrapping wire technology is selected from two aspects: limiting wire wind drift and improving insulation strength of air gap. The feasibility of the scheme is authenticated and the thickness of the insulation material is determined by simulation and test. The factory prefabricating and field installations guarantee the quality and shorten the operation time.

Key words: wire; prevent wind drift; insulation wrapping

(上接第 67 页)

The Distribution Network Morphological Characteristics and Typical Power Supply Modes for the New-type Towns

XIANG Chi¹, SHI Wenjuan¹, YU Wei¹, ZHOU Jianhua², SUN Rong²

(1. State Grid Electric Power Research Institute, Beijing 102200, China;

2. Jiangsu Electric Power Company Electric Power Research Institute, Nanjing 211103, China)

Abstract: This paper introduces the status and limits of traditional urban distribution network, analyzes the morphological characteristics of distribution network of new-type towns, focuses on the influence factors and technical measures of operating evaluation for distribution network, and further studies the quantitative effects of network topology, equipment level, automation level, distribution generation connections and reactive power compensation on operating evaluation indexes. Taking "National Model Town Planning" as the guidance, the power supply modes of distribution network of new-type towns are classified into three types: namely the green, the intelligent and the humane. Taking green energy as an example, the necessities of grid construction, as well as the construction targets, the construction content and the mode configuration of supply power modes are analyzed. At last, the key contents of construction, index requirements, and technical measures of the six supply power modes are proposed.

Key words: power supply mode; distributed generation; new-type towns; distribution network