

宁东地区主动配电网建设的规划思路

冯国瑞,陈继尧

(国网宁夏电力有限公司宁东供电公司,宁夏 银川 750411)

摘要: 近年来,配电网中分布式能源、电动汽车等负荷的接入率越来越高,配电网的网络架构和功能趋于复杂,在电网运行中带来不少问题。基于泛在电力物联网的新形势下,对宁夏宁东地区分布式电源、电动汽车等负荷的接入以及宁东基地用户侧的用电特点进行分析,提出主动配电网建设的思路及初步治理措施,对宁东地区“十四五”电网规划建设具有一定的现实意义和参考价值。

关键词: 主动配电网;电力物联网;分布式电源;配电网规划

中图分类号: TM 715 **文献标志码:** A **文章编号:** 1672-3643(2020)06-0031-05

有效访问地址: <http://dx.doi.org/10.3969/j.issn.1672-3643.2020.06.006>

Planning ideas for the active distribution network construction in Ningdong area

FENG Guorui, CHEN Jiyao

(Ningdong Power Supply Company of State Grid Ningxia Electric Power Co., Ltd., Yinchuan Ningxia 750411, China)

Abstract: In recent years, the access rate of distributed energy, electric vehicles and other loads in the distribution network has become higher and higher, and the network architecture and functions of the distribution network tend to be complex, which has brought problems in the operation of the power grid. Based on the new situation of the ubiquitous electric Internet of things, the access of distributed power sources, electric vehicles and other loads in Ningdong area was analyzed, as well as the power consumption characteristics of the user side of the Ningdong base. The ideas and preliminary treatment measures were proposed for active distribution network construction which has a certain practical significance and reference value.

Keywords: active distribution network; electric power Internet of things; distributed power generation; distribution network planning

DOI: 10.3969/j.issn.1672-3643.2020.06.006

收稿日期:2020-10-09

修回日期:2020-10-20

作者简介:冯国瑞(1972),男,副高级工程师,从事电力生产管理工作。

随着能源变革配电网的形态正在持续改变,配电网由“无源”网变为“有源”网,潮流由单向变为双向,电源侧和负荷侧的不确定性进一步增大,配电网调节电源侧和负荷侧平衡的压力日益增大,如何有效实现“源—网—荷”之间的协调互动,充分发挥配电网作为资源配置平台的作用,成为配电网发展中面临的主要挑战^[1]。近年来,为适应配电网发展需要,业界学者提出了主动配电网的理念,即在规划设计、运行控制和运营管理等环节,通过应用先进的信息通信、智能控制、电力电子和储能等新技术提升配电网的适应性,主动满足分布式电源、电动汽车、储能装置等电源和多元化负荷的大量接入,促进资源的合理配置和设备的高效利用^[2]。以宁夏宁东地区负荷为例,随着分布式电源、电动汽车的接入以及用户侧用电可靠性要求的不断提高,普通配电网已越来越无法满足地区电网供电的实际需求,因此亟需开展主动配电网的研究工作。

1 宁东地区电网负荷特点

1.1 产业链耦合紧密、用户多为危化企业,供电可靠性要求高

宁东危险化学品企业较多,负荷性质多为煤矿、化工、牵引站、扬水等类型。其中,一类高危用户 35 家(煤矿、化工),特殊用户 8 家(天然气、药业、新材料),对电力可靠性要求很高,例如化工企业停电会引发爆炸、火灾等严重事故,医药企业停电会造成生产管线堵塞、引起设备损坏和液体外流,天然气企业重要设备为大型压缩机,停电会造成压缩天然气放空,引起环境污染和经济损失。

1.2 宁东电网自备机组总容量大,负荷侧方式复杂,不确定性大

宁东电网所辖用户自备电厂共 6 座,自备机组 18 台,总装机容量 1 334 MW。自备电厂未纳入地区统一规划,存在电源电网布局不合理、重复建设等问题,增加了电网运行困难,影响电网电源布点规划。自备电厂受企业内部设备运行环境影响较大,且受平衡蒸汽影响,机组运行稳定性无法可靠保障,机组非停及负荷波动较频繁,不确定性较大。

1.3 风电、光伏分布式电源大量接入,电网从“无源”变“有源”,电网特性趋向复杂

随着宁东电网新能源接入容量逐年攀升,总容量已达 5 223.56 MW。其中风电场共 23 座,容量 2 903.68 MW;集中式光伏电站 19 座,容量 2 199.766 MW;分布式光伏 21 座,容量 120.1135 MW。预计 2020 年底前,还将规划投运集中并网新能源场站 4 座、容量 600 MW,分布式光伏 2 座、容量 8 MW。日趋攀升的新能源并网,已导致 330 kV 网架支撑变电站主变容量不足,已无法满足 N-1 情况下的稳定运行。且分布式新能源并网多采用 10 kV 公网“T”接方式,10 kV 配电网从“无源”变“有源”,扶贫分布式光伏项目信息上传难度较大,对电网负荷预测、运行管理及检修维护造成了较高的风险隐患。

2 主动配电网的发展

2.1 国内外的主动配电网建设情况

主动配电网概念在全球范围内首先由欧洲地区的一些国家提出,并据此开展了一些研究工作,其中英国、西班牙和丹麦等国家为了综合利用可再生能源、减少能量消耗和污染排放,在主动配电网相关技术研究的基础上进行了相应示范工程项目的建设,最早实现了主动配电网的应用^[1]。此外,这些国家所负责的 ADDRESS 项目建立起了通信网络,实时采集用电数据,便于用户及时掌握电价信息并合理选择使用,主要是将主动配电网应用于用户侧,对其需求进行收集并及时响应;而随后的 ADINE 示范项目则对用户侧需求响应所涉及的关键技术,包括继电保护整定阈值、电压幅值、频率及系统谐波含量等的综合控制方法进行了深入研究^[3]。除了欧洲地区外,北美地区的一些国家同样较早开始了主动配电网的研究工作,如美国的奥林匹克半岛主动配电网示范项目,在世界范围处于技术前列的水平。日本主动配电网示范工程主要是在其最大的研发组织 NEDO 的主导下完成的,如新电力系统示范工程、大规模光伏接入示范工程、区域新能源接入示范工程等。日本主动配电网示范工程的建设目的是实现对各类

分布式能源的大规模集成接入与消纳,特别是对配电网电能质量的影响与平抑措施的示范应用,建设一种基于主从结构的能量管理系统,对主动配电网管辖内的分布式电源和储能装置进行调度管理,进一步提升配电网的供电品质^[4]。

我国在“十三五”期间将主动配电网列入了 863 计划的主要研究方向,并同时启动了相关课题研究,如 2012 年的课题“主动配电网的间歇式能源消纳及优化技术研究与应用”,对主动配电网中光伏、风电等间歇性能源的消纳方法、协调控制等进行了深入研究,并提出了相应的优化策略。本项目的研究成果最终在三水电网获得了示范应用,对于当地分布间歇式能源的就地消纳发挥了一定作用^[5]。2020 年 10 月,国网河北省电力公司在河北雄安新区召开科技创新大会,会上首次公布了《雄安新区数字化主动配电网建设方案》。按照方案,雄安新区将建设国际领先数字化主动配电网,打造能源互联网示范区,将初步建成概念型数字化主动配电网,2022 年底将基本建成示范性数字化主动配电网,2030 年底将全面建成规模化数字化主动配电网,电网的资源配置能力、安全保障能力和智能互动能力将得到极大提升,届时,雄安新区电网将更加坚强可靠,供电质量更高,用户用电更加高效和智能化^[6]。宁夏地区主动配电网的研究尚处在初级阶段,主要在电网光伏、风电等间歇性能源的消纳方法、协调控制等方面进行了一些研究;此外在 10 kV 配电网智能开关、TTU 接入以及用户侧状态感知等方面进行了初步应用,其主动配电网的深度应用前景十分广大^[7]。

2.2 宁东地区开展主动配电网建设的意义

传统的配电网本质上是一种被动的配电网,它的运行是被动式的,相应的控制和管理也缺乏主动性,基本的运行为输电网传输来的电能经配电系统分配至终端用户,其潮流基本也都是辐射型的单向形态,不存在向上一级输送电能的可能^[1]。纵观宁东电网的负荷特点,既有分布式电源、电动汽车的大量接入,又有大量自备机组参与运行,同时还要满足危化企业高可靠性的要求,电网特性十分复杂。显然,传统配电网已经无法满足宁东地区电网对配电系统稳定性、可靠性、安全

性、经济性等性能指标的需求,例如,由于新能源的引入、储能技术的发展使得潮流双向流动的情况时有发生,这导致电源-电网的定义是不完全确定的,这两端在一些运行工况下存在互易性;此外,由于光伏、风电等大量分布式能源的接入,配电系统呈现电力电子化的趋势,在对电能进行优化控制的同时,会引起谐波等电能质量指标的波动。这些分布式电源存在间歇性,所提供的电能大小往往取决于变化多端的天气条件,在上网时存在运行控制及调度上的困难,且与负荷需求无法实时匹配,因此,有时不得不进行弃风、弃光操作,影响分布式能源的利用率^[8]。综上所述,在宁东地区电网引入主动配电网的概念,同时围绕泛在电力物联网的规划和重点建设,将大数据、云平台、物联网、人工智能、移动通信等现代化的计算机及信息技术引入到配电网规划中,有望对电网中的大量信息进行高效收集、处理和分析,进而准确感知配电系统的整体状态,既能满足环境友好、运行经济、生产安全的需要,也能满足用户侧对于电能的多方面要求。

3 主动配电网规划主要思路

主动配电网规划往往在满足产业布局特点、经济发展目标的前提下,既要考虑关于变电站布点和网架结构优化的网络解决方案,又要考虑基于电网智能化技术的非网络解决方案,主动配电网规划即是在网络解决方案和非网络解决方案之间的平衡。以宁东基地园区规划为例,宁东基地规划总面积 3 500 km²,其中核心面积 885 km²,涵盖 10 大工业园区,在立足宁东基地现状、功能定位和远景发展的基础上,其主动配电网的规划还应考虑以下方面。

3.1 整体架构思路

与传统配电网相比,主动配电网最大的特点是可以通过网络解决方案满足负荷增长和分布式电源接入需求,其整个构架思路主要考虑以下几点:

(1)首先要具备可灵活调节的网络拓扑结构以及完善的调节、控制手段用来随时协调优化管

理控制系统;

(2)其次通过协调控制分布式电源、主动负荷与储能装置,实现网络潮流的均衡化,从而达到提高配电网消纳分布式电源的能力,促使分布式电源积极参与系统调频与电压无功控制,提高配电网的供电质量;

(3)最后要通过积极优化管理分布式电源、主动负荷与储能装置,提高配电网设备的利用率,减少配电网对主网的容量需求,降低电网投资成本。

3.2 变电站的布点

在主动配电网变电站布点中,考虑到新型负荷(如电动汽车、分布式储能等)和分布式电源(如太阳能、风能等)的引入,此时电网中能够供电的电源以及需要直接供电的负载容量都随之发生了变化,即:变电站直接供电的负荷总量实际上是减少的,主动配电网负荷减少的部分为电动汽车、分布式储能等可控负荷,电源减少的为分布式电源供电的部分。显然,这导致了负荷密度与以往的配电网相比发生了变化,因此,在布点主动配电网的变电站时,必须根据变化以后的负荷密度、主动配电网的变电站定容数据总和考虑进行合理布局^[9]。

当已知计划的目标年度负荷分配时,为了满足一定的负荷需求,将最低投资和年度运营成本(包括变电站和支线的运营和投资成本,线路损耗成本等)作为目标优化值,首先对变电站的数量和位置进行规划确定,然后再考虑变压器的台数和各自的容量,最后再给出变电站能够提供电力的距离范围。在主动配电网的规划中,有必要重点关注分布式电源接入配电网对变电站的位置和容量的影响^[10]。变电站的位置和容量的传统确定方法包括方案比较和启发式验证这两种方法。在新形势下,上述方法已经无法满足电网规划 and 发展的要求。配电网中分布式电源的接入对系统影响很大,包括:线路投资和系统损耗减少,主网侧对变电站容量的需求降低,变电站的规模以及所需建设的数目减小,上述影响直接导致了传统配电网规划的改变;因此,在对主动配电网的变电站进行规划时,必须考虑分布式电源的影响,对分布式电源和新建站的供电负荷、位置和容量等进行统筹考虑,实现供电安全性和经济性的同时

优化。

变电站的位置和容量的确定应集中对以下几点进行考虑:

(1)对于以供电为主的变电站,位置应集中在负荷中心,并应考虑供电范围,供电容量大小和供电质量的优劣等。若变电站主要的电源为新能源,则应考虑建站在该地区的新能源资源中心,重点是方便新能源的并网,路线和走廊避开繁华商业区或密集居民区,且投资尽量节省优化。在这两种情况同时存在时可以考虑在负载和新能源的相对中心处选择一个位置,并遵循区域变电站、线路及相关配套设施等总投资最小的原则。

(2)对于供应负荷含有大量电动汽车、分布式储能等新型负荷的情况,变电站选址除了根据线路走廊、与分布式新型负荷的综合优化距离外,还需要考虑到负荷波动性大的特点,接入电网对网络潮流、电能质量和系统可靠性的影响,综合考虑负荷需求、建设投资等进行选址^[11]。

3.3 新增变电站容量的预估

根据所在区域已经确定的规划好的负荷水平,减去上下层变电站的直供负荷和同一水平的电源(包括分布式电源)提供的负荷,并考虑规划区域中的区域负载或外部区域提供给该区域的负载,就可以获得所需的变电站总容量。在主动配电网中,新增加变电站容量的估算必须考虑并入配电网的分布式电源的影响^[12]。配电网中分布式电源的并网,减少了线路投资和系统损耗,并且相应地减少了对主网络侧变电站容量的需求。当然,此时变电站的数量和规模也会得到控制,从而改变传统的配电网规划;因此,有必要考虑分布式电源对变电站选址、定容等的多方面影响,处理好分布式电源与新变电站的供电负荷、位置和容量之间的关系,并从能源供应的安全性和经济性两方面同时进行优化设计,对新增变电站容量进行合理估算。

3.4 合理考虑分布式电源接入位置

在能源互联网这一背景下,要充分考虑主动配电网的合理规划,合理选择系统分布式电源、储能装置、电动汽车等新型系统或相关设备的接入位置,合理确定分布式电源等设备的接入容量与

数量,可提高新能源设备及新型负荷的接纳能力、减少对网架以及各种电力设备的升级投资。例如:分布式电源在配电网中安装位置和容量的不同对配电网的拓扑结构和功率流向的影响有所差异;此外,风光的随机性导致了分布式电源出力的间歇性,都会对分布式电源在配电网中位置的选择和容量的确定产生较大影响;因此,为了使配电网能够更加经济、安全、可靠的运行,必须对分布式电源的选址和容量确定进行科学优化,通过多种能源和多种系统之间的协调控制和互为补充,减少风能和太阳能的浪费现象,在主动配电网中实现系统的最优化运行和多种能源的可持续利用;此外,主动配电网的规划还需要考虑今后新能源电源增加接口,在输电和变电两个环节预留相应的发展空间,同时出线部分也应预留足够的配套端口,为今后储能、电动汽车等新型负荷的增加或接入提供方便^[13];因此,合理考虑分布式电源的接入位置是主动配电网规划中的重要环节,必须得到足够重视。

3.5 智能配电设备的应用

近年来,随着配电物联网技术的发展,在配电网领域尤其是 10 kV 配电网已基本可以实现通过全面互联、多角度感知而提升电网故障处理的能力^[14]:一是安装暂态型故障录波装置,通过物联网技术实时收取架空线路首级杆塔处故障指示器采集信息,对某变电站系统电压、故障指示器各出线零序电流进行分析,对该区域单相接地故障情况进行综合研判,从而提高单相接地故障处理能力,避免了区域故障逐条拉路选线,减少用户停电时长,提高供电服务的可靠性;二是全面提升线路故障恢复处理能力,安装自愈开关,通过“一线一案”、集中型、就地型馈线自动化部署,提高线路故障的恢复能力,实现区域故障自动隔离、非故障区域自动恢复功能;三是提高低压台区故障抢修能力,安装智能融合终端,通过物联网实时上送台区低压电能信息,对台区故障、低压馈线故障进行检测分析,提高故障感知力;四是建设安全高效的通信网络。通过配电通信系统为配电自动化设备、用电信息采集系统提供安全、可靠的传输通道,为智能用电发展奠定基础。

4 结 语

基于泛在电力物联网的新形势,对宁夏宁东地区分布式电源的接入以及用户侧负荷用电的特点进行分析,提出了在宁东地区开展主动配电网建设的意义。同时从主动配电网规划思路、变电站布点、新增变电站容量的预估以及智能配电设备应用等方面提出了初步的治理措施,对宁东地区“十四五”期间电网的建设规划具有一定的现实意义和参考价值。

参考文献

- [1] 舒印彪. 配电网规划设计[M]. 中国电力出版社, 2018. 11.
- [2] 肖振锋,辛培哲,刘志刚,等. 泛在电力物联网形势下的主动配电网规划技术综述[J]. 电力系统保护与控制, 2020, 48(3): 43-48.
- [3] 武晓峰. 主动配电网的网架规划与优化运行研究[J]. 机电信息, 2019(32): 19-20.
- [4] 赵庆波. 强化规划引领,加快建设一流现代化配电网[N]. 国家电网报, 2018-07-03(2).
- [5] 张聪,王蕾. 中国建设规模最大的主动配电网综合示范区建成[J]. 电力设备管理, 2018(10): 90-91.
- [6] 《配电网技术导则》标准解读连载[J]. 供用电, 2017, 34(10): 47.
- [7] 吴琳,关润民,庄剑,等. 智能配用电园区整体设计及关键技术[J]. 供用电, 2017, 34(7): 2-8.
- [8] 宋毅,薛振宇,滕林,等. 面向一体化配电网规划设计平台的数据集成技术研究及应用[J]. 电网技术, 2016, 40(7): 2199-2207.
- [9] 苏剑. 配电网升级改造进行时[J]. 供用电, 2016, 33(2): 1.
- [10] 陈飞,刘东,李庆生. 主动配电网建设条件及运行关键技术分析[J]. 供用电, 2015, 32(9): 2-8.
- [11] 李延真,孙慧颖,郭英雷,等. 重点城市配电网建设改造与管理提升——基于高可靠性的全过程主动式配电指挥管理系统[J]. 科技视界, 2016(5): 246.
- [12] 李博,高志远,曹阳. 智能电网支撑智慧城市关键技术[J]. 中国电力, 2015, 48(11): 123-130.
- [13] 徐琴,柳劲松,韩伟福,等. 配电网建设现状及发展趋势分析[J]. 华东电力, 2013, 41(12): 2532-2535.
- [14] 城市配电网规划设计规范: GB 50613-2010[S].