

面向新型电力系统的 地区电网节假日无功调控及管理

袁士超, 朱晓杰, 陈东海, 罗 轶

(国网浙江省电力有限公司宁波供电公司, 浙江 宁波 315010)

摘要: 电压、电能质量是新型电力系统建设的重要支撑, 节假日无功管控是电能质量保障的重要部分。宁波供电公司分别从“源网荷”互动下的电源侧无功潜力挖掘、电网侧运行方式优化、负荷侧精细化管控三方面提出面向新型电力系统的地区电网节假日无功调控及管理方法, 并在2022年春节宁波电网极端低负荷运行情况下, 充分利用各项措施实现电网无功、电压的有效管控, 使其满足电网正常运行要求, 为面向新型电力系统的地区电网节假日无功管控提供参考和借鉴。

关键词: 新型电力系统; 地区电网; 节假日无功管控

中图分类号: TM734

Reactive Power Regulation and Management for New Power System in Regional Power Network During Holidays

YUAN Shichao, ZHU Xiaojie, CHEN Donghai, LUO Yi
(Ningbo Electric Power Bureau, Zhajiang Ningbo 315010, China)

Abstract: Voltage and power quality are important support for the construction of new power system, and reactive power management and control during holidays is an important part of power quality assurance. Ningbo Company proposes reactive power regulation and management methods for regional power grid holidays for new power systems from the three aspects of reactive power potential mining on the power supply side under the interaction of "source network load", operation mode optimization on the power grid side, and fine management and control on the load side. Under the extreme low load operation of Ningbo power grid in the Spring Festival of 2022, Make full use of various measures to realize effective control of reactive power and voltage of power grid, so as to meet the normal operation requirements of power grid, and provide reference and reference for reactive power control of regional power grid facing new power system in holidays.

Keywords: new power system; regional power grid; reactive power management during holidays

新型电力系统以新能源为供给主体, 以“源网荷储”互动与多能互补为支撑, 具有清洁低碳、安全可控、灵活高效、智能友好、开放互动基本特征, 是国家实现“双碳”目标的基础^[1]。电压、电能质量是电网安全可控的重要支撑, 是实现新型电力系统的重要前提。节假日无功管控作为电能质量保障的重要部分^[2], 如何利用新型电力系统的特点, 经济、高效、安全地实现节假日无功管控, 是面向新型电力系统建设的方向之一。

作为千万级供电负荷的大型地区电网, 宁波供电公司基于新型电力系统“源网荷储”互动的建设导向^[4-5], 深度思考地区电网节假日无功调控及管理

拓展方向, 分别从“源网荷”互动下的电源侧无功潜力挖掘、电网侧运行方式优化、负荷侧精细化管控3方面提出面向新型电力系统的地区电网节假日无功调控及管理方法, 并在2022年春节期间推行开展, 取得良好成效。

1 电源侧无功潜力挖掘

1.1 新能源无功特性挖掘

新型电力系统以新能源为供给主体, 风、光能源占比呈逐渐上升态势, 可充分挖掘其电源特性, 以助节假日无功管控。

光伏层面, 光伏电源设计要求光伏逆变器功率因数能在超前0.95~滞后0.95范围内连续可调, 并

要求配置足够感性无功容量用以补偿站内全部充电功率及送出线路一半充电功率^[6-7]。为确保感性无功补偿能力、满足电能质量要求,集中式光伏电站站内均会配置SVG设备。新形势下,宁波供电公司充分调用光伏无功资源,节假日期间要求所有集中式光伏电站逆变器设置为恒功率因数控制,功率因数设置在 $-0.90\sim-0.95$ (进相方式),全部动态无功补偿装置SVG,如表1所示,均以恒感性无功方式运行,无功参数设置在上限值。

表1 集中光伏动态无功补偿情况

电厂名称	SVG容量/Mvar	电厂名称	SVG容量/Mvar
舒奇光伏	20	风凌光伏	20
岚能光伏	24	凌光光伏	18
日升光伏	20	汇能光伏	12
协能光伏	24	百益光伏	24
正能光伏	24		

对于分布式光伏,节假日期间要求分布式光伏逆变器功率因数设置在 -0.95 (进相),动态无功补偿装置SVG均以恒感性无功方式运行,无功参数设置在上限值。

风电层面,节假日期间要求风电机组功率因数设置在 $-0.95\sim-0.98$ (进相)间,动态无功补偿装置SVG均以恒感性无功方式运行,无功参数设置在上限值。

1.2 传统能源进相能力利用

传统天然气、煤电和水电机组建设年代参差不齐,机组进相能力具有相对独立性。宁波供电公司调查统计所有传统能源机组参数特性,制定节假日机组运行计划。

具备进相能力的机组,如表2所示,以发电机进最大相深度运行,各并网母线电压不低于额定电压控制。抽水蓄能电站以最大感性无功方式运行。

不具备进相能力的机组,有供热要求的按照“以热定电”原则运行,其他机组安排停机,减少年度碳排放量。

对有自备机组的电力用户,节假日期间要求其自发自用,所发电量不得上网。

2 电网侧运行方式优化

2.1 电网运行方式动态调整

在单一电网运行方式下,潮流随负荷变化达到自然供需平衡状态,可能存在潮流分布不均,部分

表2 传统能源机组进相能力

电厂名称	参与进相机组	同时进相台数	单台最大进相深度/Mvar
久丰热电	#3	1	2
明州热电	#1	1	5
众茂热电	#1~#5	5	#1、2、3:3 #4:2 #5:3.5
姚北热电	1#~3#	3	1#:1.5 2#:2 3#:1.5
榭北热电	2#	1	5.25
明州生物	#1, #2	2	#1:2 #2:2
科丰热电	#1	1	3
白溪电站	#1, #2	2	#1:2.5 #2:2.5

输变电设备满载、部分轻载或空载情况,容易引起设备运行不经济、损耗大、影响设备运行寿命。

宁波供电公司针对电网不同负荷的情况,将电网承载负荷状态分为高负荷、正常负荷和低负荷3种^[8],就3种状态分别提出电网运行方式调整原则如表3所示。

表3 电网运行方式动态调整原则

电网高负荷状态	电网正常负荷状态	电网低负荷状态
根据下级负荷变化动态调整运行方式,使输变电设备负载率保持动态平衡	合理安排运行方式,使电网 $N-1$ 后仍能长时间正常运行,最大程度减少异常或负荷突变时方式调整	调整空充线路、轻载主变运行方式,拉停空载主变,提高电网运行经济性

节假日期间,电网呈低负荷运行状态,电压水平较平日显著提升。为合理控制电压水平,宁波供电公司在保障电网供电可靠性的前提下拉停空充纯联络线路,减少全网充电功率,拉停轻载主变、调整部分主变分接头档位,提高电网电能质量特性和经济性,并根据需要随时动态调整。

2.2 优化无功投切策略

电网日常运行方式下,自动电压控制系统(AVC)以全网线损最优为目标,以电压合规、无功不倒送等为约束条件进行无功设备的自动投切,满足日常运行要求。但在节假日,尤其春节期间,全网负荷降至日常负荷40%以下,功率因数面临过高风险,AVC控制策略无法达到最佳调整状态。

宁波供电公司密切关注春节前电网负荷变化,及时优化调整AVC控制策略,退出AVC省地协调功能,切换至就地控制模式,随负荷下降逐步退出电网侧电容器并闭锁AVC,待电容器全部切除后,随负荷下降逐步投入电网侧全部电抗器,有效提升主网感性无功补偿能力。同时,建立主网无功大数据实时检测系统如图1所示,监视主网公用变无功运行情况,确保无功投切策略闭环管控。

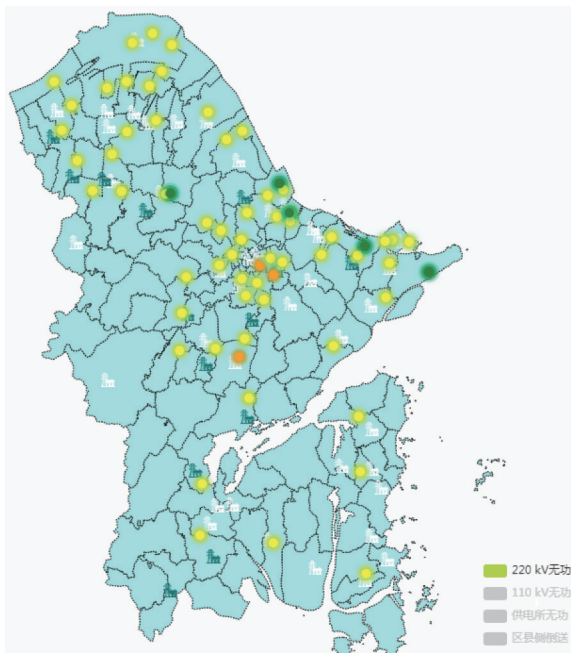


图1 主网无功大数据监测示意图

对于不同类型电抗器,公司制定差异化运维管理措施《2022年春节期间主网电抗器投切要求的说明》。针对3个月内未有运行记录的电抗器进行24 h试投工作,期间开展不少于2次的红外测温工作。试投电抗器存在问题的,按紧急缺陷处理,试投运结束后,电抗器保持投入状态。10 kV电抗器多为干式电抗器,占地较小,但存在易发热的问题。要求干抗投入后每24 h至少安排2次红外测温,上下午各1次,间隔12 h。若出现电抗器本体正常发热导致温度超标,手动拉停电抗器,经12 h冷却后再投入。为保证低负荷期间(夜间及凌晨)全网电抗器可用,易发热电抗器重新投入的时间选取每日18:00左右。

3 负荷侧精细化管控

3.1 大用户考核优化

为补偿节假日期间主网容性无功,宁波供电公司

要求所辖35 kV及以上大用户在保证电压合格的前提下退出电容器,并尽可能投入感性无功设备。

感性无功设备的投入会影响用户的功率因数的变化,根据《功率因数调整电费办法》功率因数标准值及其使用范围的相关规定中设有不同用户的类型的功率因素标准^[9],节假日低负荷状态,感性无功电量远大于正常值,导致功率因数偏低,影响功率因数调整电费的比例情况,公司会根据实际情况予以考核优化。

今后为减少大用户配合电网电能质量调整需求和调整后电费增加的矛盾,可建立节假日期间功率因数考核标准^[10],四象限无功按比例增加电费考核,按电力部门要求调整无功补偿大网的,适当调整无功免于考核。

3.2 配网用户数字化管控

地区电网10 kV及以下的配网低压用户电容器个体容量较小,但总数量较大,无规则投切对全网无功存在较大影响。

受不可预测性疫情等情况影响,节假日部分企业减产、停产时间较往年更早,从业人员也存在提前返乡的情况,为有效指导和管控减产、停产低压用户电容器投退事宜,宁波供电公司提早半个月与用户建立联系,针对可能减产、停产低压用户提前告知管控要求。

面对低压用户点多面广,管控难度大的特点,公司充分利用数字化手段,通过营销用采系统、调度SCADA系统密切关注用户电量变化,及时发现减产、停产用户,逐一通知到位。此外,公司每日开展配网专变四象限无功大数据分析,核查用户无功变化,准确甄别无功管控薄弱环节,确保电容器退出要求执行到位。

4 实践成效

2022年春节期间,宁波供电公司多措并举,“源网荷”协同开展无功调控管理,取得良好成效。

电源侧安排10座常规电厂、25座集中式新能源电站、314座10 kV分布式光伏进相运行,最大进相深度近500 Mvar。

电网侧拉停110 kV空充联络线10条,电网方式调整8处,全市共切除220 kV及以下主网电容器

7010 Mvar, 全网共投入 220 kV 及以下主网电抗器 1480 Mvar。

负荷侧各区县公司切除 35 kV 及以上大用户电容器 1290 Mvar; 共有 4.34 万座公变、1.97 万座专变切除了电容器, 总切除容量分别为 5030 Mvar 和 4530 Mvar。

2022 年春节宁波电网无功电压水平较 2021 年明显提升。全网功率因数 0.92, 在浙江省大型负荷地市中排名第一, 凌晨低负荷时段全网吸收无功 1640 Mvar, 较去年增长 200 Mvar。主网无功倒送情况明显改善。500 kV 层面, 彻底解决了天一变电站无功倒送问题, 全网仅姚江供区存在轻微倒送 (5 Mvar)。220 kV 层面, 无功倒送变电站由 6 座减少为 3 座, 整体无功倒送量减少 73%。

5 结束语

新型电力系统是国家实现“双碳”目标的基础, 电网无功管控作为电能质量管理的重要部分, 是新型电力系统建设的方向之一。宁波供电公司分别从“源网荷”互动下的电源侧无功潜力挖掘、电网侧运行方式优化、负荷侧精细化管控 3 方面提出面向新型电力系统的地区电网节假日无功调控及管理方法, 并在 2022 年春节期间宁波电网极端低负荷运行情况下, 充分利用各项措施实现电网无功调控及管理, 使其满足电网正常运行要求, 为面向新型电力系统的地区电网节假日无功调控及管理提供参考, 也为浙江建设新型电力系统省级示范区提供有益借鉴。

未来有源配电网是新型电力系统发展的重要方向, 可挖掘有源配电网下的无功管控潜力, 引导由电网侧为主的无功设备投资逐步转向更多市场、用户侧设备参与调节, 进一步提升电网投资、运行效率。

参考文献

- [1] 王志轩. 构建以新能源为主体的新型电力系统框架[J]. 闽江学刊, 2021, 3: 35-43.
- [2] 刘敏敏, 王浩浩. 春节期间茂名电网无功电压调控及管理[J]. 大众科技, 2017, 19(215): 70-71, 81.
- [3] 范登富. 变电站功率因素合格率指标的探讨[J]. 电气开关, 2017, 1: 8-11.
- [4] 王秀强. 新型电力系统构建“源网荷储”新业态[J]. 能源, 2021, 7: 32-34.
- [5] 吴智泉, 贾纯超, 陈磊, 等. 新型电力系统中储能创新方向研究[J]. 太阳能学报, 2021, 42(10): 444-451.
- [6] 中华人民共和国住房和城乡建设部, 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. 光伏发电站设计规范: GB/T 7714-2015[S]. 北京: 中国计划出版社, 2012.
- [7] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. 光伏发电站无功补偿技术规范: GB29321-2012[S]. 北京: 中国标准出版社, 2012.
- [8] 袁士超, 朱晓杰, 张志雄, 等. 宁波多元融合高弹性电网供电承载力建设的探索与实践[J]. 农村电气化, 2022, 1: 8-10, 14.
- [9] 水利水电部, 国家物价局. 功率因数调整电费办法: 水电财字第 215 号[A]. 北京, 1983.
- [10] 曹娜, 康继光, 沈彬彬, 等. 新形势下城市大用户无功管理考核方法探究[J]. 电力与能源, 2018, 39(6): 784-788.

作者简介

袁士超(1986—), 男, 高级工程师, 主要从事电力系统调度及管理工作。

(责任编辑: 张峰亮)

(上接第 31 页)

- [15] 王艳, 薛晨, 焦彦军. 中压配电网静态动态中继结合的分级分层电力线载波通信路由算法[J]. 电力自动化设备, 2017, 37(12): 8-15.
- [16] 李艳, 张安龙, 郑曦. 配电网广域保护信息流建模与通信性能分析[J]. 电力科学与技术学报, 2019, 34(2): 5360.LI
- [17] 唐成虹, 杨志宏, 宋斌, 等. 有源配电网的智能分布式馈线自动化实现方法[J]. 电力系统自动化, 2015, 9(9): 101-106.
- [18] 姜伟超, 沈冰, 李昀, 等. 基于 5G 的含分布式电源智能分布式馈线自动化实现方法[J]. 供用电, 2021, 38(10): 57-63.
- [19] 赵洪山, 张伟韬. 基于 BLT 方程的中压电力线载波通信信道建模[J]. 电力系统自动化, 2019, 42(17): 155-161.
- [20] 刘伟麟, 李建岐, 陆阳, 等. 跨频带认知电力线载波通信: 核心思想、关键技术与应用[J]. 南方电网技术, 2016, 10

(5): 123-133.

- [21] 梁子龙, 李晓悦, 邹荣庆, 等. 基于 5G 通信智能分布式馈线自动化应用[J]. 电力系统保护与控制, 2021, 49(7): 24-30.
- [22] 张晖, 余蕊, 张宁池, 等. 基于 5G 通信的智能配电网改造经济性综合评估方式[J]. 科学技术与工程, 2021, 21(25): 10746-10754.
- [23] 彭楚宁, 罗冉冉, 王晓东. 新一代智能电能表支撑泛在电力物联网技术研究[J]. 电测与仪表, 2019(15): 137-142.
- [24] 李松浓, 胡晓锐, 郑可, 等. 低压电力线载波通信信道衰减特性测量与分析[J]. 电力系统保护与控制, 2018, 46(4): 99-106.
- [25] 吴圣芳, 赵雷, 顾健雨. 智能分布式 FA 在配电网中的应用[J]. 建筑电气, 2018, 37(6): 23-26.

(责任编辑: 张峰亮)