

DOI:10.13296/j.1001-1609.hva.2015.06.005

大型风电场有功控制能力测试试验研究

李臻¹, 胡殿刚², 董开松¹, 杨俊¹, 沈渭程¹, 赵炜¹

(1. 国网甘肃省电力公司电力科学研究院, 兰州 730050; 2. 国网甘肃省电力公司, 兰州 730050)

摘要: 风电大规模、快速接入电网给电网有功调度和控制带来新的挑战,而且中国的风电测试工作,还处于刚起步的阶段,国内无试验规程可以借鉴。在甘肃省电力科学研究院“甘肃酒泉汇能风电开发有限公司桥西第三风电场有功控制能力测试试验”基础上,文中给出了一套对于 MW 级风电场有功控制能力测试的实验方法与流程,为提升风电接入电网的安全可靠性提供技术支撑奠定了基础。

关键词: 风电场; 有功控制; 风电测试; 可靠性

Active Power Control Ability Testing Method for Large-scale Wind Farms

LI Zhen¹, HU Diangang², DONG Kaisong¹, YANG Jun¹, SHEN Weicheng¹, ZHAO Wei¹

(1. Electric Power Research Institute, State Grid Gansu Electric Power Company, Lanzhou 730050, China;

2. State Grid Gansu Electric Power Company, Lanzhou 730050, China)

Abstract: Rapid connection of wind power to power grid in large scale brings a new challenge to the active power dispatch. However, the wind power testing in China is still at an initial stage, thus no existing test procedure can be referenced. Based on the Gansu Electric Power Research Institute's Active Power Control Testing Experiment in the Third Wind Power Plant of Jiuquan Huineng Wind Power Development Co., Ltd., Gansu Province, this paper proposes a new testing method and process for MW-grade wind power active control test to provide a basis for improving the reliability of the connection of wind power to power grid.

Key words: wind power plant; active power control; wind power test; reliability

0 引言

甘肃汇能瓜州桥西第三风电场位于甘肃省酒泉市瓜州县城东北约 18 km 处的戈壁滩上;场区南北长约 4.5 km,东西宽约 8 km,总占地面积约 40 km²。风电场安装 134 台金风 GW82/1500 型永磁直驱风力发电机组,总装机规模 201 MW;接入桥西 330 kV 升压变电站 3 号主变,并通过 330 kV 送出线路送至敦煌变 750 kV 系统,并入西北电网^[1-2]。

1 桥西第三风电场及风机主要技术参数

1.1 风电场及风机参数

风电场及风机参数:额定总功率为 201 MW;风电机组类型为永磁直驱同步发电机;叶片控制方式为电气变桨;风机为 134 台;单机功率为 1 500 kW;转速为变速恒频控制方式;3 片风机叶片;额定电压

为 690 V;风轮直径为 82 m;额定电流为 1 397 A;切入风速为 3 m/s;额定风速为 11 m/s;切出风速为 22 m/s。

1.2 主变参数

主变参数:型号为 SFPZ10-240000/330;三相;连接组别为 YN,d11;额定容量为 240 MV·A;电压组合为 363±8×1.25%/35 kV;PT 变比为 330 kV/0.1 kV, 35 kV/0.1 kV;CT 变比为 800 A/1 A, 4 000 A/1 A。

2 试验方案及测试系统构成

2.1 试验设备

试验采用 DEWETRON3020 电力测试分析系统,该分析系统符合有关规程对测试仪器的技术要求。分析系统带有 8 个输入通道(3 个高电压/5 个普通电压通道),可以同时采集三相电压及三相电流信号,用于计算三相总功率;A/D 板分辨率 24 bit,自动抗混滤波;采样速率为 2 kHz;精度≥0.05%。

收稿日期:2014-11-22; 修回日期:2014-12-26

基金项目:国家电网科技项目(5227221350BR,5227221300XP,52272214002Y)。

Project Supported by Science and Technology Project of SGCC(5227221350BR,5227221300XP,52272214002Y)。

2.2 试验方案

测试信号取自自主变压器并网点处,其中电压信号取自 330 kV 母线 PT 电压,电流信号取自自主变高压侧 CT,用于测量变压器的三相电压和三相电流,计算出风电场三相总功率 $S=3UI^*$ 。其测量点分布图见图 1。

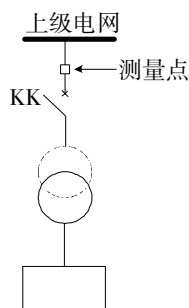


图 1 桥西第三风电场有功控制能力测试试验图

Fig. 1 The active power control testing experiment diagram of the third wind power plant in Qiaoxi

桥西第三风电场内部安装了风电场有功功率控制系统,该系统可以自动跟踪与接受调度部门下达的负荷指令,保证风电场负荷不超过调度下达的指令;试验过程中,风电场负荷均由西北网调度部门进行调整下达。其指令执行简图见图 2。

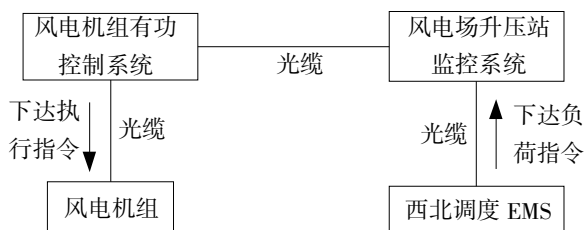


图 2 桥西第三风电场有功控制能力测试试验流程

Fig. 2 The process of the Qiaoxi third wind power plant active power control testing experiment

3 技术指标

按照文[3-5]的规定及要求,对于汇能桥西第三风电场有功控制能力测试试验结果的技术考核指标如下。

风电场有功功率变化技术指标见表 1、2,其设定值控制技术指标有 2 点:

表 1 风电场有功功率变化限制推荐值
Table 1 Wind power active power change limit recommended value

风电场装机容量/MW	10 min 最大变量/MW	1 min 最大变量/MW
<30	10	3
30~150	装机容量/3	装机容量/10
>150	50	15

表 2 风电场机组并网、正常停机以及风速增长过程中,风电场功率变化率

风电场装机容量/MW	10 min 最大变量/MW	1 min 最大变量/MW
<30	10.0	3
30~150	装机容量/1.5	装机容量/5
>150	100.0	30

1)风电场有功功率设定值控制允许的最大偏差为风电场装机容量的 5%,响应时间不超过 120 s,其为风电场有功功率从一个设定值最后一次进入下一个设定值允许偏差范围之内时间。

2)风电场必须严格执行调度下达的出力曲线,并允许实际出力运行范围:①受限情况下不能超调度计划;②不受限情况下,调度计划值在 50 MW 以下时:允许偏上限范围为 $\leq +25\%$,允许偏下限范围为 $\leq -30\%$;调度计划值在 50~100 MW 之间 (含 50、100 MW) 时:允许偏上限范围为 $\leq +20\%$,允许偏下限范围为 $\leq -25\%$;调度计划值在 100 MW 以上时:允许偏上限范围为 $\leq +15\%$,允许偏下限范围为 $\leq -20\%$ 。

4 试验结果与分析

4.1 有功功率变化测试

由于风电场配置的有功功率控制系统不能设置有功功率变化率,因此该次测试试验只能考核风电场自身固有的有功功率变化。有功功率变化按照风电场正常运行、风电场停机和风电场正常并网 3 种运行情况进行测试。

4.1.1 风电场正常运行

测试方法:试验设备在并网点处连续采集了 2012 年 3 月 22 日 13:10 到 4 月 3 日 10:20 风电场运行中有功功率的变化过程。

测试期间,风电场有功功率变化率未超标现象。图 3 给出了风电场正常运行 8 h 时有功功率变化的录波图。

由图 3 可知,由于敦煌变电站 750 kV 断面输送有功功率能力的限制,大风期间,风电场有功功率处于受限状态,故在测试期间不一定能够捕获到最大的风速变化所导致的有功功率快速的变化,因此即使该次测试结果全部合格,但还未能保证风电场正常运行时有功功率变化率合格。

4.1.2 风电场停机运行

风电场处于正常运行状况,切除全部运行风电机组,采集风电场有功功率变化全过程;计算出 1、

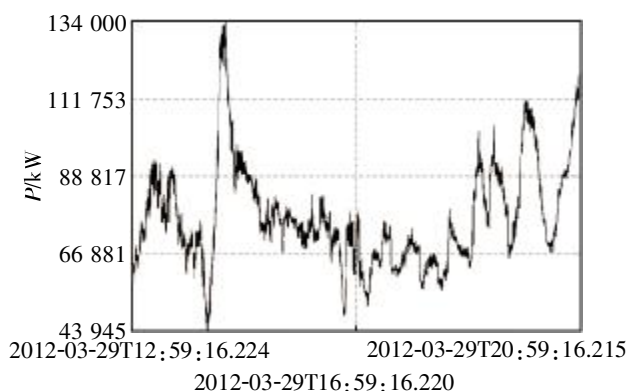


图3 测试期间风电场正常运行8 h有功功率变化录波图

Fig. 3 The wave record of wind active power change during the normal operation of wind farm 8 hours

10 min 最大有功功率变化。

测试时风电场有功功率从最大(123 MW)降至最小(2 MW),整个过程用时1分42秒。正常停机过程曲线见图4。

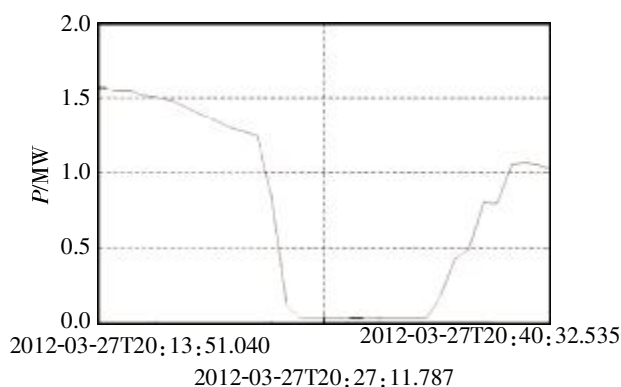


图4 风电场正常启停机过程中有功功率变化录波图

Fig. 4 The wave record of wind active power change during normal downtime of wind farm

由图4可知,风电场1 min(20时23分42秒到20时24分42秒)最大有功功率变化约105.76 MW(123.10 MW到17.34 MW),不满足1 min最大有功功率变化为15 MW(《技术规定》)和30 MW(《甘肃管理规定》)的要求。风电场停机过程中负荷变化约120 MW所用时间仅为1分42秒,其10 min有功功率变化严重超标。

4.1.3 风电场并网

切除全部运行的风电机组之后,风电场重新并网,采集风电场有功功率变化全过程,求出1、10 min最大有功功率变化。

该次测试时风电场有功功率从最小(2 MW)升至最大(110 MW),整个过程用时4分48秒。正常并网过程曲线见图5。

由图5可知,风电场1 min(20时33分32秒到20时34分32秒)最大有功功率变化约40.32 MW

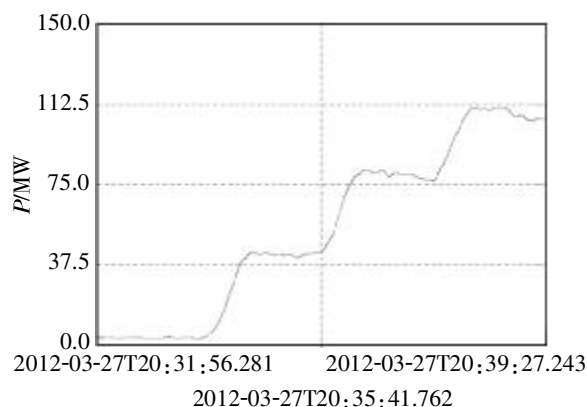


图5 风电场正常并网过程中有功功率变化图

Fig. 5 The active power variation in the process of the wind farm grid normally

(3.09 MW到43.41 MW),不满足1 min最大有功功率变化为15 MW(《技术规定》)和30 MW(《甘肃管理规定》)的要求。风电场并网过程中负荷变化约110 MW所用时间仅为4分48秒,其10 min有功功率变化严重超标。

4.2 有功功率设定值控制测试

调节有功功率,每个功率点采集约20 min数据,给出风电场输出有功功率设定值变化曲线。

根据当时风电场负荷能力,测试了140、110、80、50 MW等多个点的有功控制能力,其有功功率设定值控制能力变化曲线见图6。

对各个负荷点波动数据进行分析后得出,各个点的有功功率设定值控制能力可满足要求,响应时间均不超过120 s。

5 结论

1)有功功率变化:①风电场正常运行时,因风电场运行条件(大风时负荷受限)不满足测试要求,故无法对有功功率变化做出评价;②风电场正常停机和风电场正常并网时,1、10 min最大有功功率变化均不满足《技术规定》和《甘肃管理规定》的技术指标要求。

2)有功功率设定值控制。风电场有功功率设定值控制能力能满足《测试规程》和《甘肃管理规定》规定的要求。

3)建议有功控制系统厂家,对其有功功率设定值进行修改与完善,使其风电场1、10 min最大有功功率变化达到《技术规定》规定的技术指标要求。

参考文献:

- [1] 刘宝华,钟洪明.华能甘肃瓜州安北第三风电场330 kV升压站顺利通过并网前验收[EB/OL].<http://news.bjx.com.cn/html/20140825/540196.shtml>, 2014-08-25.

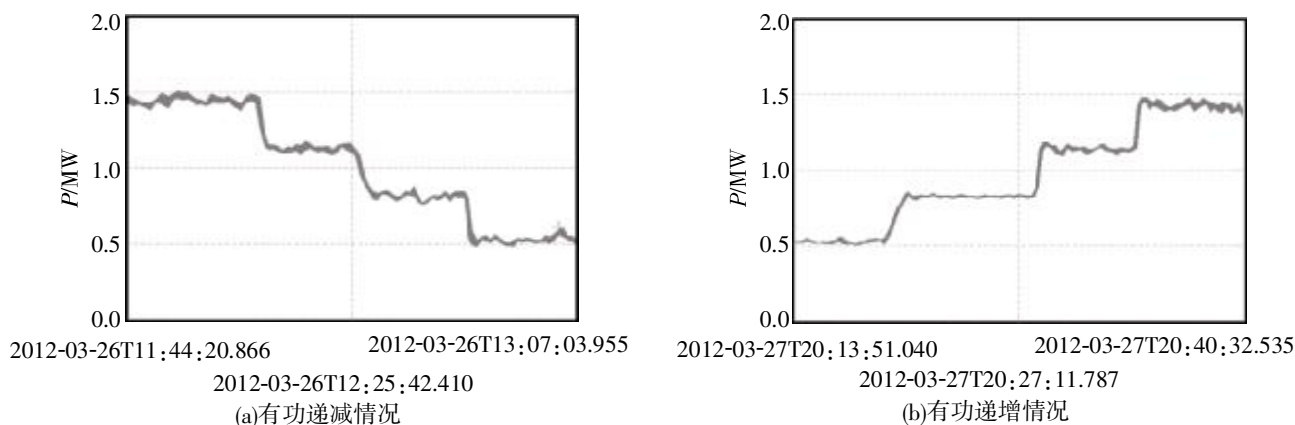


图6 风电场有功功率设定值控制能力录波图

Fig. 6 The wave record of wind active power set point control

- [2] Q/GDW 392—2009 风电场接入电网技术规定[S].2009.
Q/GDW 392—2009 Technical rule for connecting wind farm into power grid[S].2009.
- [3] Q/GDW 630—2011 风电场功率调节能力和电能质量测试规程[S].2011.
Q/GDW 630—2011 Measurement standard of wind farm power regulation capability and power quality[S].2011.
- [4] 甘肃电网风电调度管理规定 (试行)[EB/OL]. <http://www.doc88.com/p-646530777665.html>, 2013-07-12.
- [5] 李雪明,行舟,陈振寰,等.大型集群风电有功智能控制系统设计[J].电力系统自动化,2010,34(17):59-63.
LI Xueming, XING Zhou, CHEN Zhenhuan, et al. Design of large clusters of wind power active intelligent control

system[J]. Automation of Electric Power Systems, 2010, 34 (17): 59-63.

李臻(1978—),男,高级工程师,主要研究方向为新能源发电及并网技术。

胡殿刚(1975—),男,高级工程师,主要研究方向为电力系统自动化。

董开松(1966—),男,硕士,高级工程师,国网工程技术专家,主要研究方向为新能源发电及并网技术。

杨俊(1983—),男,硕士,高级工程师,主要从事新能源并网技术研究工作。

沈渭程(1984—),男,硕士,研究方向为电力系统自动化。

(编辑 赵彩莉)

(上接第26页)

- [16] 娄素华,余欣梅,熊信良,等.电力系统机组启停优化问题的改进 DPSO 算法 [J]. 中国电机工程学报, 2005, 25 (8): 30-35.
LOU Suhua, YU Xinmei, XIONG Xingen, et al. Unit commitment using improved discrete particle swarm optimization algorithm [J]. Proceedings of the CSEE, 2005, 25 (8): 30-35.
- [17] 胡家声,郭创新,曹一家.一种适合于电力系统机组组合问题的混合粒子群优化算法 [J]. 中国电机工程学报, 2004, 24(4): 24-28.

HU Jiasheng, GUO Chuangxin, CAO Yijia. A hybrid particle swarm optimization method for unit commitment problem [J]. Proceedings of the CSEE, 2004, 24(4): 24-28.

胡殿刚(1975—),男,高级工程师,主要研究方向为电力系统自动化。

秦睿(1967—),男,高级工程师,主要从事电气工程领域相关技术研究。

黄亭(1989—),女,硕士研究生,主要研究方向电力系统新能源。

(编辑 赵彩莉)