

# 稳控切配套火电方案不同对暂稳压升的影响

李自明<sup>1</sup> 姚秀萍<sup>2</sup> 王海云<sup>1</sup> 王维庆<sup>1</sup> 常喜强<sup>2</sup> 王 衡<sup>2</sup>

(1. 新疆大学电气工程学院可再生能源发电与并网技术教育部工程研究中心, 新疆 乌鲁木齐 830047;

2. 新疆电力调度控制中心, 新疆 乌鲁木齐 830001)

**摘要:** 随着天中直流输送功率的提升, 直流系统发生故障时对新疆电网的冲击逐步增大。结合新疆十三五电网规划目标, 针对天中直流工程中的双极闭锁故障和风机机端电压变化, 研究了天中直流稳控切配套火电方案的不同对暂态/稳态压升的影响。通过 PSASP 仿真可以得出, 切机方案中多保留 1 台或者更多机组, 对各电压等级暂态压升影响不大, 但对 500 kV、750 kV 母线电压稳态压升有抑制作用; 对于 220 kV 母线而言, 保留火电机组较多时, 其母线稳态压升较高, 风电机组机端电压稳态压升也会升高。根据这一结论, 将对今后进一步减少双极闭锁故障对新疆电网的冲击, 提高电网安全稳定运行水平起积极作用。

**关键词:** 天中直流; 双极闭锁; 机端电压; 暂态电压; 稳态电压

**Abstract:** With the improvement of DC transmission power from Hami to Zhengzhou, the impact on Xinjiang power grid gradually increases when a fault occurs in DC system. Combined with the 13th five-year planning objectives in Xinjiang power grid, and aiming at bipolar block faults and wind generator terminal voltage changes in Tian-Zhong HVDC project, the influence of cutting different thermal power on transient and steady-state voltage rise in DC stability control schemes is studied. Through PSASP simulation, it can be obtained that, retaining one or more units in the generator tripping scheme has little influence on transient voltage rise with different voltage level, but it suppresses the steady-state voltage rise of 500 kV and 750 kV bus, and for 220 kV bus, when retaining more thermal power units, the steady-state voltage rise of the bus is higher, and the steady-state voltage in the terminal of wind power unit will also rise. This conclusion makes positive contribution to reduce the impact of bipolar blocking faults on Xinjiang power grid and improve the safe and stable operation level of the grid in the future.

**Key words:** Tian-Zhong HVDC project; bipolar blocking; terminal voltage; transient voltage; steady-state voltage

中图分类号: TM71 文献标志码: A 文章编号: 1003-6954(2016)05-0001-04

DOI:10.16527/j.cnki.cn51-1315/tm.2016.05.001

## 0 引言

新疆电网通过西北新疆 1、2 通道、±800 kV 天中直流将风、光、火、水富裕电力采用打捆交直流混合外送的方式送至西北, 实现了大规模传统能源和可再生能源基地外送的国家战略要求。同时天中直流作为目前世界上电压等级最高、额定传输功率最大, 首条以送清洁能源为主的直流输电工程, 无论从理论研究方面还是运行控制方面国内外可供借鉴的经验和成果较少。并且随着天中直流输送功率的增加, 在天中直流闭锁后, 潮流转移至交流系统, 对送端交流电网的影响越大, 对新疆电网的安全稳定运

行造成了很大的影响<sup>[1-3]</sup>。

在天中直流闭锁后, 潮流转移至交流系统, 需保证疆内的切机量在 2 500 MW 以上, 新疆电网作为送端电网, 其内部电源包括水电、火电常规能源, 又包括风电、光伏等新能源, 且新能源占比已占疆内总装机容量的 25%。可以看出, 新疆电网内部电源构成复杂, 从而导致疆内电网潮流多变, 运行方式复杂, 天中直流闭锁故障情况下, 新疆内部可切机组构成成分多变, 给天中直流安全稳定控制措施的制定带来了较大的困难。通过对天中直流工程中的双极闭锁故障和风机机端电压变化进行分析, 研究天中直流在故障和机端电压变化时暂态以及稳态过程电气量变化特点, 分析天中直流稳控切配套火电方案不同对直流运行的影响。

基金项目: 国家自然科学基金项目(51267017); 国家 863 计划(2013AA050604)

## 1 直流送出系统的运行方式

随着新疆电网750 kV交流1、2通道以及±800 kV天中特高压直流工程投运,新疆电网形成了与西北电网、华中电网的跨省、跨区域的“交直流混联”电网。新疆电网具有的高电压等级以及交、直流混联电网的特点势必造成新疆电网区域稳控系统的日趋复杂,电网运行的安全风险压力也与日俱增。

哈密—郑州±800 kV直流输电工程是疆电外送第1条特高压直流输电工程,也是中国第1个风火打捆、直流送出工程。工程额定功率为8 000 MW,额定电压为±800 kV,额定电流为5 000 A。工程西起新疆维吾尔自治区哈密地区天山换流站,东至河南省郑州市中州换流站,输电距离约2 110 km,直流导线截面采用6×1 000 mm<sup>2</sup>。该工程2013年实现双极低端投运,2014年年中双极投运。西北电网的天山换流站通常为整流站运行,华中电网的中州换流站通常为逆变站运行。天中直流系统简图如图1所示。

天中特高压直流投运后,当750 kV交流1、2通道故障跳闸或天中特高压直流故障闭锁<sup>[4-7]</sup>后,系统阻抗增大、潮流加重,电压跌落较大,需要切除新疆电网网内大量机组,保持系统电压稳定<sup>[8]</sup>。当天中特高压直流外送功率较大时,南疆电网或将成为送端电网,组织大量电力进行上送。若此时南疆大机组如库车3期电厂、盛源电厂、喀发3期电厂机组跳闸,则南疆部分地区如台远、金鹿、喀什或将出现低电压问题,需要切除南疆地区部分负荷。

## 2 稳控切机方案

目前天中直流双极闭锁后,稳控切机原则是切机总量为扣除1 200 MW不平衡量后的直流传输功率<sup>[9-10]</sup>,直流配套火电每个电厂保留1台机组,其余依次切除哈密、吐鲁番、达坂城地区风(光)电,不足则切除乌昌电网火电。也就是说国投南湖双机、国网花园4机,共2个电厂6台配套火电投运后,直流传输功率5 000 MW时发生闭锁后,实际切机是切除国投南湖单机、国网花园3机,其余依次切除哈密、吐鲁番、达坂城地区风(光)电,不足则切除乌昌电网火电。为分析直流配套电源对天中直流运行的影响,根据切除配套火电机组台数的不同采取两种稳控切机方案进行暂态电压<sup>[11-12]</sup>与稳态电压的敏感性分析。

方案1:6台配套火电投运后,直流传输功率5 000 MW时发生直流双极闭锁后,实际切机是切除国投南湖单机、国网花园3机,其余依次切除哈密、吐鲁番、达坂城地区风(光)电,不足则切除乌昌电网火电。

方案2:6台配套火电投运后,直流传输功率5 000 MW时发生直流双极闭锁后,实际切机是切除国投南湖单机、国网花园双机,其余依次切除哈密、吐鲁番、达坂城地区风(光)电,不足则切除乌昌电网火电。

其基础潮流如图2所示,其中配套6机出力2 900 MW,直流5 000 MW,吐哈520 MW,联变2 100 MW,哈密风电2 100 MW,疆电外送530 MW,敦鱼3 800 MW。

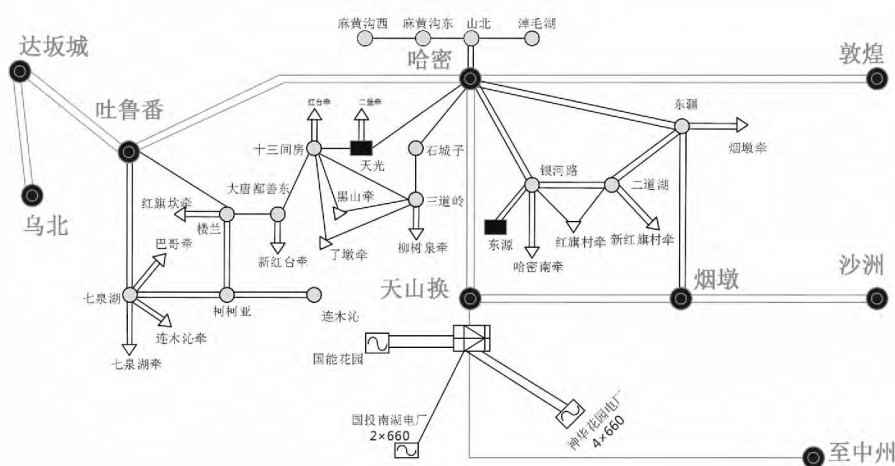


图1 哈郑直流送受端出线方案

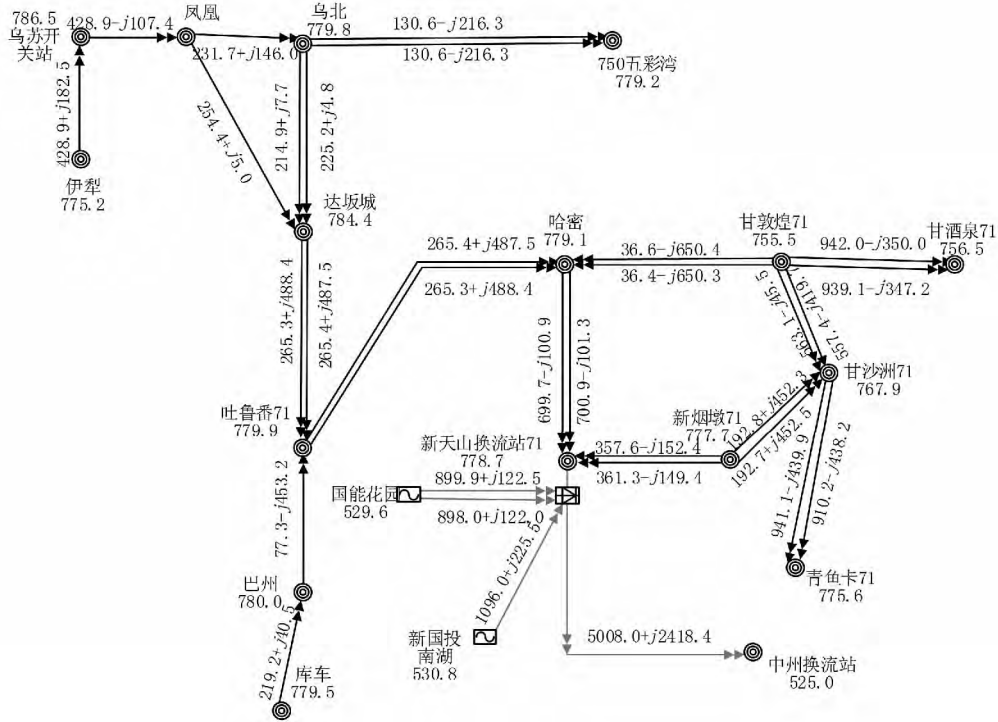


图2 基础潮流

### 2.1 双极闭锁故障

稳控切机方案 1: 0.3 s 切除直流滤波器 10 组和 3 800 MW 机组(其中直流配套机组 4 台 1 900 MW 哈密地区风电 1 900 MW)。

稳控切机方案 2: 0.3 s 切除直流滤波器 10 组和 3 000 MW 机组(其中直流配套机组 3 台 1 450 MW 哈密地区风电 1 550 MW)。

#### 2.1.1 750 kV 电压比较

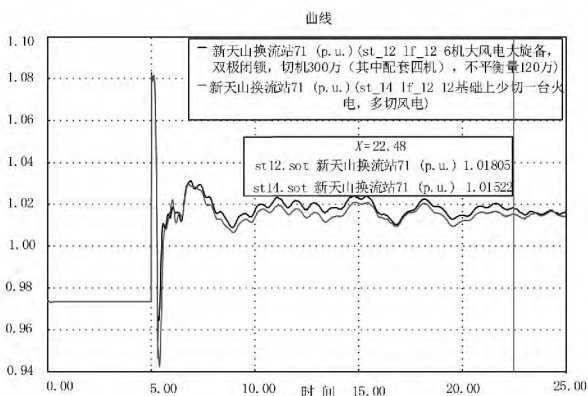


图3 天山换流站 750 kV 母线电压比较

1) 暂态压升: 2 种切机方案对 750 kV 母线暂态压升没有影响。

2) 稳态压升: 保留 3 台机组的切机比保留 2 台机组时, 750 kV 母线稳态压升少 3 kV。

#### 2.1.2 500 kV 电压变化

1) 暂态压升: 2 种切机方案对 500 kV 母线暂态

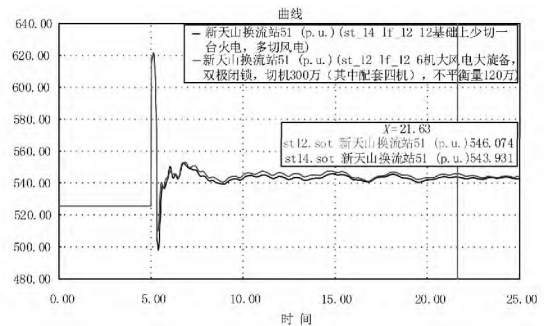


图4 天山换流站 500 kV 母线电压比较

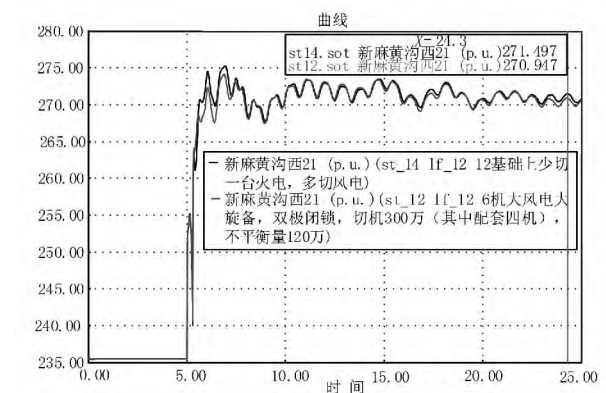


图5 麻黄沟西 220 kV 母线电压比较

压升没有影响。

2) 稳态压升: 保留 3 台机组的切机比保留 2 台机组时, 500 kV 母线稳态压升少 2 kV。

#### 2.1.3 220 kV 电压变化

1) 暂态压升: 2 种切机方案对 220 kV 母线暂态压升影响不大。

2) 稳态压升: 保留3台机组的切机比保留2台机组时, 由于切除风电机组较多, 哈密地区220 kV线路传输功率减轻, 220 kV母线稳态压升略高一些, 约0.5 kV。

### 2.2 风机机端电压变化

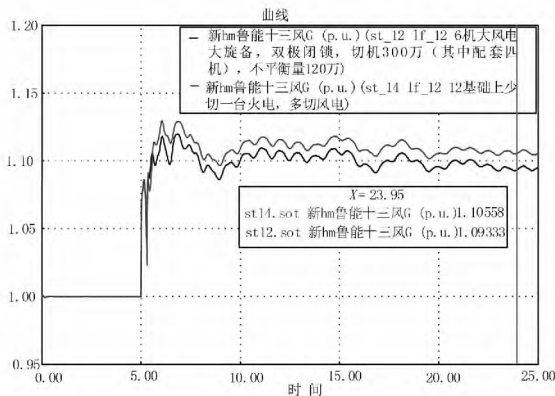


图6 鲁能十三间房风电场机端电压比较

1) 暂态压升: 2种切机方案对220 kV母线暂态压升影响不大。

2) 稳态压升: 保留3台机组的切机比保留2台机组时, 由于切除风电机组较多, 哈密地区220 kV线路传输功率减轻, 风电机组机端电压稳态压升明显增大。

## 3 结论

1) 当前天中直流双极闭锁故障安全稳定控制措施切机范围广, 切机组织措施、切机原则复杂。切机方案中多保留1台或者更多机组, 对各电压等级暂态压升影响不大, 对500 kV、750 kV母线电压稳态压升略有抑制作用; 但由于少切火电, 必然多切风电, 引起750 kV、220 kV通道传输功率减轻, 220 kV母线电压、风电机组机端电压稳态压升将会继续上升。

2) 针对天中直流安全稳定控制措施中存在的风险, 通过PSASP仿真的结果, 提出哈密—郑州直流稳控切配套火电方案: 首先切除哈密地区风电机组, 不足量送往乌北, 切除乌昌城网火电机组, 剩余量切除西部、北部水电、火电、风电机组。该方案能够从不同方面对风险起到一定的防范作用, 从而保证哈郑直流双极闭锁严重故障情况下的西北电网, 尤其是新疆电网的正常、稳定运行。

### 参考文献

[1] Dusonchet L, Massaro F, Telaretti E. Wind Turbine Me-

chanical Characteristics and Grid Parameters Influence on the Transient Voltage Stability of a Fixed Speed Wind Turbine [C]. Universities Power Engineering Conference, 43rd International 2008: 1-7.

[2] 王鹏, 王清让, 任冲. 天中直流工程投产后西北电网运行控制模式研究[J]. 电网与清洁能源, 2013, 29(12): 70-74.

[3] 魏宏芬, 邱晓燕, 徐建, 等. 通过SVC和TCSC联合改善异步机风电场暂态电压稳定性研究[J]. 可再生能源, 2011, 29(4): 20-23.

[4] 于永军, 杨琪, 侯志远, 等. 天中直流工程入地电流对新疆哈密地区交流电网的影响[J]. 电网技术, 2014, 38(8): 2298-2303.

[5] Singh G, Bala R. Automatic Generation & Voltage Control of Interconnected Thermal Power System Including Load Scheduling Strategy [J]. International Journal of Engineering & Advanced Technology, 2011(2): 1-7.

[6] 陈亦平, 陈磊, 叶骏, 等. 云广直流孤岛运行“5·26”双极闭锁原因分析及改进措施[J]. 电力系统自动化, 2014, 38(8): 129-135.

[7] 李国栋, 皮俊波, 郑力, 等. ±500 kV林枫直流双极闭锁故障案例仿真分析[J]. 电网技术, 2014, 38(4): 877-881.

[8] Dusonchet L, Telaretti E. Effects of Electrical and Mechanical Parameters on the Transient Voltage Stability of a Fixed Speed Wind Turbine [J]. Electric Power Systems Research, 2011, 81(7): 1308-1316.

[9] 陈树勇, 朱琳, 丁剑, 等. 风电场并网对孤网高频切机的影响研究[J]. 电网技术, 2012, 36(1): 58-64.

[10] 杨振纲, 吴国丙, 罗向东, 等. 粤北电网安全稳定控制策略及切机原则[J]. 南方电网技术, 2009, 3(2): 15-17.

[11] 孙全才, 程浩忠, 张健, 等. 提高暂态电压安全水平的动态无功备用优化方法[J]. 中国电机工程学报, 2015, 35(11): 2718-2725.

[12] 廖国栋, 谢欣涛, 侯益灵, 等. ±800 kV酒泉特高压直流入湘对湖南电网暂态电压稳定性的影响[J]. 电网技术, 2012, 36(2): 23-28.

### 作者简介:

李自明(1989) 硕士研究生, 主要研究方向为电力系统及其自动化;

姚秀萍(1961) 客座教授、硕士生导师、高级工程师, 主要研究方向为电网调度运行、继电保护;

王海云(1973) 教授、硕士研究生导师, 主要研究方向为可再生能源发电与并网技术;

王维庆(1959) 博士生导师, 主要研究方向为风力机发电及风电并网技术;

常喜强(1976) 高级工程师, 主要研究方向为电力系统分析与控制;

王衡(1984) 硕士、工程师, 研究方向为电力系统生产运行。

(收稿日期: 2016-05-21)