

特高压交流电网建设进程对四川特高压直流与相关交流断面耦合关系的影响

李 旻¹, 周启航¹, 邱丽萍², 程振龙³

(1. 国网四川省电力公司电力科学研究院, 四川 成都 610072; 2. 中国电力科学研究院, 北京 100192; 3. 华北电力大学电气与电子工程学院, 河北 保定 071003)

摘要: 随着特高压交流电网建设进程的不断深入及锦苏、复奉、溪浙三大特高压直流的建成, 四川电网将形成交直流混联外送的格局。针对特高压直流闭锁后功率转移情况, 并结合特高压交流电网的建设进程, 分析与特高压直流具有较强耦合关系的交流断面, 为四川电网的安全稳定运行提供指导。

关键词: 特高压; 直流闭锁; 交流断面; 耦合关系

Abstract: With the construction process of ultra-high voltage (UHV) AC power grid and the completion of Jinsu, Fufeng and Xizhe HVDC transmission lines, Sichuan power grid will form a pattern of AC/DC hybrid power delivery. Aiming at the situation of power transfer after UHV DC blocking and combined with the construction process of UHV AC power grid, the AC sections which have a strong coupling relationship with UHV DC is analyzed, which provides guidance for the safe and stable operation of Sichuan power grid.

Key words: ultra-high voltage (UHV); DC blocking; AC transmission section; coupling relationship

中图分类号: TM711 文献标志码: A 文章编号: 1003-6954(2013)06-0013-04

0 引言

根据国家电网特高压交直流混联工程建设^[1-2]进度, 2012年华北电网与华中电网通过特高压试验示范串补加强工程交流互联, 华中电网与华东电网通过复奉、锦苏±800 kV特高压直流线路以及宜华、龙政、江城、林枫等±500 kV直流线路互联。四川电网通过德阳—宝鸡背靠背±500 kV与西北电网互联, 预计2013年“三华”联网格局将全面形成。作为大型水电外送基地, 四川水电资源丰富, 小水电多集中于川西、川南, 大型水电基地如二滩、锦屏、溪洛渡、官地、向家坝等多集中于四川中部和北部。四川电网将在近年内建成锦苏、复奉、溪浙三大特高压直流, 届时四川电网将形成交直流混联格局, 因此, 大集群水电外送及特高压交直流联网外送能力是四川电网需要重点分析解决的关键问题之一^[3-4]。

基于国家电网及各区域网省公司最新的电网发展规划方案, 建立“三华”电网2~3年基础数据和典型方式数据, 并进行校核分析, 研究四川电网安全稳定特性及各重要断面输电能力, 针对特高压直流闭锁后功率转移情况, 并结合特高压交流电网的建设进程, 分析与特高压直流具有较强耦合关系的交

流断面, 为四川电网的安全稳定运行提供指导。

1 特高压建设进程

特高压直流线路电压等级高、送电距离长、送电功率大, 一旦发生闭锁故障, 将造成功率的大范围转移, 与特高压直流输电线路并联运行的交流线路潮流加重, 引发整流侧有功过剩、换流母线电压升高甚至出现过电压等情况; 而对于受端电网来说, 直流闭锁故障会导致受端电网有功不足、换流母线电压短时升高等情况, 严重时可能会导致系统出现功角、电压稳定问题^[5-8]。

在特高压交直流并联系统中交流和直流系统相互的影响是特高压电网安全稳定影响研究的核心, 而直流系统和交流的耦合程度是影响特高压电网安全稳定水平的重要因素^[9-12]。对于复杂的“三华”电网, 与直流并联的交流通道非常复杂, 为了更好地研究交直流之间的交互影响, 确定交直流电网之间的耦合关系非常重要。特高压交流电网建设的不同阶段, 功率转移的情况有所不同, 与特高压直流耦合关系密切的交流断面也有所不同, 从特高压交流电网规划情况来看, 未来特高压建设进程大致可能为以下5个阶段。

- (1) 特高压示范工程单线加强阶段;
- (2) 特高压西纵加强阶段;
- (3) 特高压示范工程加强 + 东纵阶段;
- (4) 特高压两纵阶段;
- (5) 特高压两纵两横阶段;

从对四川电网影响的角度出发,选取(1)、(4)、(5)三个阶段分析四川特高压直流与相关交流断面之间的耦合关系。特高压交流电网建设各阶段重要断面送电功率安排如表1所示。

表1 特高压交流电网建设各阶段重要断面送电功率(MW)

断面及重要线路	特高压两纵	特高压两纵两横	特高压扩建工程
川渝断面	4 000	8 650	4 000
渝鄂断面	1 200	5 900	1 200
鄂湘断面	6 400	6 400	3 000
鄂豫断面	2 000	2 000	200
鄂赣断面	4 500	4 500	3 000
特高压长南线	7 000	7 000	5 000
特高压南荆线	4 300	4 300	1 000
特高压雅安—重庆	-	4 000	-
特高压济南—徐州线	5 000	5 400	-
特高压荆门—长沙	3 200	3 200	-
特高压荆门—武汉	3 000	6 800	-
特高压武汉—南昌	2 300	2 000	-
特高压蒙锡特—晋中	2 800	1 600	-
特高压蒙锡盟特—京北	7 500	7 500	-
特高压重庆—万县	-	4 000	-
特高压京北—济南	6 800	6 200	-
特高压武汉—芜湖	-	5 600	-
锦苏直流	7 200	7 200	7 200
溪浙直流	8 000	8 000	8 000
复奉直流	6 400	6 400	6 400

2 特高压示范工程单线加强阶段

特高压示范工程单线加强阶段,长治—南阳—荆门特高压输电工程仅考虑一回加串补线路,特高压电网为“两华”同步电网。该网架下由于特高压单线加强工程安排功率送电方向为南送,故四川特高压直流功率与特高压单线加强工程送电功率之间的耦合关系不明显,与四川特高压直流送电功率耦合关系较为明显的是川渝、渝鄂500 kV交流断面。

四川特高压直流一旦发生闭锁故障,冗余功率将沿着川渝、渝鄂交流断面向华中主网转移,有可能导致断面功率过载甚至冲破断面静稳极限导致系统失去稳定。图1为特高压示范工程单线加强阶段系统接线图。

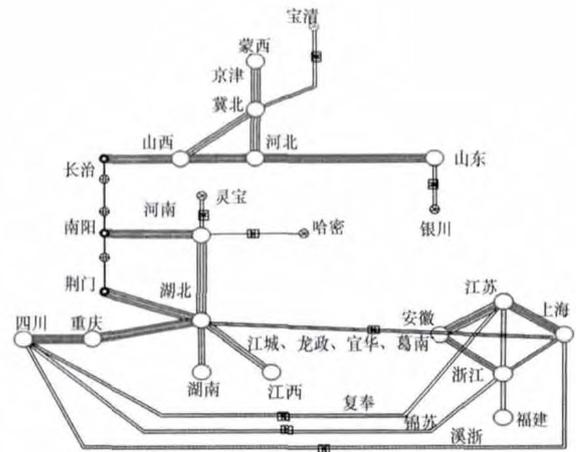


图1 特高压示范工程单线加强阶段系统接线图

(1) 复奉、溪浙、锦苏直流发生单极闭锁故障,系统均保持稳定。复奉及锦苏直流发生单极闭锁故障后川渝断面500 kV线路洪板线功率接近热稳限额(2 300 MW),溪浙直流单极闭锁后洪板线过载5.2%。

(2) 复奉直流发生双极闭锁故障,系统失稳,提升锦苏直流单极额定功率的10%(360 MW)或切向家坝电厂1台机(800 MW)即可使系统恢复稳定。

(3) 溪浙直流发生双极闭锁故障,系统失稳,提升锦苏及复奉直流双极额定功率的10%(1 360 MW)并切溪洛渡电厂1台机(760 MW),或直接切溪洛渡电厂3台机(2 280 MW),系统可恢复功角稳定。

(4) 锦苏直流发生双极闭锁故障,系统失稳,提升溪浙及复奉直流双极额定功率的10%(1 440 MW)并配合切锦屏电厂2台机(1 520 MW),或直接切除锦屏电厂3台机(2 280 MW)可使系统恢复功角稳定。

3 特高压两纵阶段

特高压两纵阶段,西纵长治—南阳—荆门特高压线加强为三回,东纵锡盟—京北—济南—徐州—南京—泰州—苏州—上海—浙江—皖南—淮南—南京双环特高压网,实现了“三华”联网络局。相比于特

(1) 四川特高压直流发生单极闭锁故障,系统可保持稳定,无需采取安控措施。

(2) 复奉直流发生双极闭锁故障,系统失步,提升锦屏、溪浙直流双极功率的10%(1 520 MW)系统即可恢复稳定,或者直接在向家坝电厂切除3台机(2 400 MW)。

(3) 溪浙直流发生双极闭锁故障,系统失步,仅提升复奉、锦屏直流双极功率的10%系统无法恢复稳定,还需切溪洛渡电厂4台机(3 040 MW);或者直接采取切机措施切除溪洛渡电厂7台机(5 320 MW)。系统可恢复稳定。

(4) 锦苏直流发生双极闭锁,系统失步,提升复奉、锦苏双极直流功率的10%,并配合切锦屏电厂3台机(1 800 MW),或者直接切除锦屏电厂6台机(3 600 MW),系统可恢复稳定。

5 结 语

特高压交流工程建设不同阶段,四川特高压直流与特高压交流网络的耦合关系也有所不同。

(1) 特高压示范工程单线加强阶段,四川特高压直流输电功率主要与500 kV川渝、渝鄂断面存在强耦合关系,与特高压交流网络耦合关系不明显。特高压直流发生单极闭锁故障,系统可保持稳定,发生双极闭锁故障,采取直流调制或切机措施均可使系统恢复稳定。

(2) 特高压两纵阶段,四川特高压直流输电功率与华北—华东特高压交流断面耦合关系最为明显,其次也与500 kV川渝、渝鄂断面间存在一定的耦合关系。特高压直流发生单极闭锁故障,需要采取切机或直流调制措施使系统恢复稳定,发生双极闭锁故障需要配合采用切机、直流调制、切负荷等措施,安控量较大。

(3) 特高压两纵两横阶段,川渝交流输电断面增加了雅安—重庆特高压双回线,华东电网特高压交流受电断面也加强为4回,川渝、渝鄂、华北—华东断面承受特高压直流闭锁功率冲击的能力大大增

强,断面与特高压直流功率间的耦合关系也有所弱化。特高压直流发生单极闭锁故障系统可保持稳定,发生双极闭锁故障,采取直流调制或切机措施均可使系统恢复稳定。

参考文献

- [1] 国家电网公司. 国家电网公司“十二五”电网发展规划[R]. 北京: 国家电网公司, 2012.
- [2] 郭强, 申洪, 周勤勇, 等. 2015年国家电网主网架结构稳定性研究与评估[R]. 北京: 中国电力科学研究院, 2010.
- [3] 程路. 大水电与特高压建设[J]. 国家电网, 2013(2): 40-42.
- [4] 陈汉雄, 吴安平. 优化川电东送曲线 减少四川丰期弃水[J]. 中国电力, 2010, 43(4): 9-13.
- [5] 谢惠藩, 王海军, 陈潜, 等. 云广特高压直流对南方电网稳定性影响[J]. 电力系统及其自动化学报, 2010, 22(6): 130-137.
- [6] 赵强, 许婧, 王琦, 等. 宁东直流山东侧电网稳定控制措施研究[J]. 中国电力, 2012, 45(4): 5-9.
- [7] 常海军, 刘福锁. 一种表征特高压交直流耦合程度的方法[C]. 中国电机工程学会电力系统自动化专业委员会三届一次会议暨2011年学术交流会论文集, 2011: 1-7.
- [8] 王鹏飞, 张英敏, 李兴源, 等. 基于无功有效短路比的交直流交互影响分析[J]. 电力系统保护与控制, 2012, 40(6): 74-78, 85.
- [9] 徐政. 交直流电力系统动态行为分析[M]. 北京: 机械工业出版社, 2004.
- [10] 杨卫东, 徐政, 韩祯祥. 多馈入交直流电力系统研究中的相关问题[J]. 电网技术, 2000, 24(8): 13-17.
- [11] 周保荣, 金小明, 吴小辰. 特高压直流对交直流并联电网安全稳定影响[J]. 南方电网技术, 2010, 4(2): 31-34.
- [12] 霍鹏飞, 王国功, 刘敏, 等. 向上±800 kV特高压直流输电工程的直流保护闭锁策略[J]. 电力系统保护与控制, 2011, 39(9): 137-139, 144.

(收稿日期: 2013-07-30)

欢迎订阅 欢迎投稿