

# 四川特高压投运初期的问题 and 对策

朱国俊, 王 滨

(四川省电力公司, 四川 成都 610041)

**摘 要:**四川是全国特高压建设的主战场。针对四川特高压电网建设、四川电网将面临的问题,提出了相应建议。

**关键词:**特高压输电;四川电网;技术水平

**Abstract:** Sichuan is the main battlefield of UHV power grid construction in China. In view of the construction of Sichuan UHV power grid and the problems faced by Sichuan power grid, the corresponding suggestions are put forward.

**Key words:** UHV transmission; Sichuan power grid; technical competence

**中图分类号:** TM721 **文献标志码:** A **文章编号:** 1003-6954(2010)03-0062-02

## 1 四川特高压建设现状和发展趋势

四川是全国特高压建设的主战场。按照国网公司规划,至 2020 年,四川将建成“四交八直”的特高压电网。自 2007 年以来,四川特高压建设全面推进,为四川正式步入特高压、大电网的新时代奠定了坚实的基础。

### 1.1 目前四川特高压建设情况

(1)向家坝—上海 ±800 kV 特高压直流输电示范工程

本工程于 2007 年 4 月 26 日获得国家发改委的核准,2007 年 12 月 21 日开工建设。2009 年 11 月 13 日向上(向家坝—上海)线全线贯通,12 月 16 日线路工程全面竣工,12 月 26 日奉贤换流站极 I 800 kV 直流系统和直流线路 800 kV 带电成功。2010 年 1 月 26 日泸州复龙换流站 500 kV 线路成功投运,为复龙换流站调试提供了电源。目前复龙换流站站內交流场全部成功投运,正在对极 I 低端直流系统进行带电调试,极 II 的低端换流变压器正在紧张的安装,高端换流变压器正在试验和运输到宜宾途中。

(2)锦屏—苏南 ±800 kV 特高压直流输电工程

本工程于 2008 年 11 月 14 日获得国家发改委的核准,按照国家电网公司里程碑计划,2009 年秋季全面开工建设,目前裕隆换流站“三通一平”工程已经结束,进入换流站土建阶段。裕隆换流站外接 35 kV 站用电源已经建成投运。裕隆换流站自来水供水工程也建成投入使用。配套的 500 kV 水电站送出工程

即将开工建设。

(3)雅安—南京 1 000 kV 特高压交流输电工程

按照国家电网公司特高压规划,到 2012 年要建成“两纵两横”的规模。作为“南横”的雅安—南京 1 000 kV 特高压交流输电工程目前正在办理前期核准所需的支持性文件,截至目前已经取得站址、特高压线路用地预审、地震和地灾批复,按照里程碑计划,今年争取工程获得国家发改委的核准。

### 1.2 四川特高压电网发展趋势

特高压交流试验示范工程顺利投运,开启了特高压建设的新篇章。随着特高压其他项目的建设,将迎来特高压电网建设的高潮,特高压电网发展也将在新的技术上改进和提高。如研究制造更大容量的 1 500 MVA 交流变压器、更加可靠灵活的可控系统、直流 6 英寸晶闸管、更加节省土地资源的紧凑型输电线路设计、更加优化的线路走廊与变电站布局、特高压智能电网、甚至更高电压等级的甚高压电压等级序列。

四川是全国特高压建设的主战场,是“一特四大”战略中的大水电基地。随着四川电网建设与电源开发的加快发展,四川电网将日益成为联通西南大水电基地与“三华”电网的重要枢纽,不仅成为国家坚强智能电网的重要电源支撑、安全支撑,也将成为实现全国电力资源优化配置的重要平台。四川电网在国家电网中的重要支撑作用将得到全面凸显。

2010 年~2015 年,向家坝、溪洛渡、锦屏、川湘特高压直流、雅安—重庆—万县—荆门 1 000 kV 特高压交流将相继投运,四川电网将发展为特高压交直流并列系统。特高压交流或直流故障对四川电网安全

稳定性的影响较大,四川电网内部的 500 kV 系统严重故障也可能导致特高压直流闭锁或特高压交流解列,特高压直流输电需要坚强的交流电网的支持,这样既可发挥交流联网优势,又可利用直流功率快速调节的特点改善系统的稳定特性,有利于综合发挥交流和直流输电的优势。

## 2 特高压投运初期四川电网面临的问题

### 2.1 投资模式的变化要求增大投资能力

国家电网公司在 2009 年特高压工作会议上对特高压投资方式已明确作出:今后的特高压直流工程送端由国家电网公司总部投资,受端由省公司投资;特高压交流工程送、受端均由相应的网、省公司分摊投资。四川省规划有众多的特高压工程及配套的 500 kV 工程项目,投资额巨大,投资模式的变化必然要求四川省电力公司增大对特高压工程的投资力度,以保证后续特高压工程的顺利建设,对省公司的投资能力提出了更高的要求。

### 2.2 管理模式的变化要求全面提高特高压技术水平

特高压直流示范工程复龙换流站由国家电网运行分公司负责运行维护,向家坝—上海特高压线路、接地极及接地极线路由四川省电力公司负责维护运行。特高压换流站送端 500 kV 线路由省调度中心调度,换流站、特高压线路、接地极及接地极线路由国家电网调度中心调度。崭新的管理模式给四川电力带来了新的机遇和挑战,四川省电力公司将面临全面接手运行维护、配合调度特高压电网的局面,这就要求省公司必须全面提高专业技术人员的特高压技术水平,为省公司运行维护、配合调度特高压电网提供智力支持和人员保证。

### 2.3 电网地位的提升要求提高驾驭大电网的能力

四川电网目前运行有 20 座 500 kV 变电站和约 6 500 km 500 kV 线路的庞大电网。到 2012 年四川境内特高压交流建成后,四川电网将成为国家电网系统内最大的交直流混联电网,内有特高压交流、特高压直流、±500 kV 直流及庞大的坚强的送端网络,四川电网作为西南水电基地、西电东送的送端将在整个国家电网中处于重要地位。电网地位的提升要求省公司全面提升驾驭大电网的能力,对安全生产、运行维护、检修、调度运行等提出了更高要求。

### 2.4 制约特高压直流外送功率和四川水电外送

2010 年复龙—上海特高压直流复龙近区电网结构薄弱,制约特高压直流外送功率,制约四川水电外送。

在向家坝机组投产初期,特高压向上直流可为四川水电提供外送通道。若 500 kV 宜宾—泸州双回线路不能与向上直流同期投运,复龙侧近区 500 kV 电网结构极为薄弱,直流输送功率 3 200 MW 主要由 500 kV 洪沟—泸州同塔双回交流线路提供,洪沟—泸州双回线正常运行时功率为 2 685 MW,当一回线路开断后另一回线路功率为 2 586 MW,复龙母线电压跌至 469 kV。泸州—复龙三回交流线路正常运行时功率为 3 232 MW,当一回线路开断后复龙站母线电压降至 460 kV。

以上分析结果表明,在 500 kV 宜宾—泸州双回线路不能同期投运的情况下,由于向家坝—上海特高压直流近区电网结构较为薄弱,难以满足 N-1 开断后系统安全稳定运行,在 500 kV 宜宾—泸州双回线路投运前无法送出 3 200 MW。而且向家坝—上海直流系统仅通过 500 kV 洪沟—泸州同塔双回线路同四川主网相联,而泸州电网通过 500 kV 洪沟—泸州双回、2 回 220 kV 线路与主网联网运行。500 kV 洪沟—泸州同塔双回故障跳闸后,向家坝换流站外送功率转移至 220 kV 系统,220 kV 线路将严重过载,泸州电网面临崩溃瓦解的可能。如果打开泸州电磁环网,影响泸州电网运行可靠性。因此,500 kV 洪沟—泸州同塔双回线路的稳定输送功率也将成为制约特高压向家坝—上海直流功率外送的主要因素之一。

500 kV 宜宾—泸州双回线路投运后,能否满足向家坝—上海特高压直流单极送出功率 3 200 MW,需要专题研究。

### 2.5 电网调度运行协调控制策略复杂

四川特高压交、直流输电系统故障的相互影响,电网调度运行协调控制策略复杂。

四川西部水电基地外送采用特高压交、直流并列运行的输电方案,直流闭锁故障后,大量功率转移交流系统,交流输送功率增加,稳定水平降低;交流系统故障,电源出力受阻,会引起送端机组失步。为减少特高压交、直流输电系统故障对电网的冲击,对于特高压交、直流并列运行的输电方案采用多回直流之间的协调控制是必要的。

(下转第 76 页)

互、计算能力和储存空间带来巨大的影响。通过电力云的建立,在完全不改变现有系统内部广域网和设备的情况下,最大限度挖掘、整合系统的计算和储存能力,极大提高当前系统的整体性能,为电网快速仿真建模,电网全方位实时计算分析提供“超级计算能力”;增强电网的扩展性,减小电网扩建投资,为智能电网在中国的建立和实现提供强有力的技术支持。

### 参考文献

[1] 张伟,沈沉,卢强. 电力网格技术初探(一)[J]. 电力系统自动化, 2004, 28(22): 1-4.

[2] 杨胜春,姚建国,杨志宏,等. 网格技术在电力调度信息化中的应用的探讨[J]. 电网技术, 2006(22): 7-12.

[3] Dikaiakos M. D., Katsaros D., Mehra P., et al Cloud Computing Distributed Internet Computing for IT and Scientific Research [J]. Internet Computing IEEE, 2009, 13(5): 10-13.

[4] 李雅轩,杨春晖,田军夏. 中小企业信息化建设的计算模式——云计算[J]. 河北企业, 2009(6): 70.

[5] 辛耀中. 电力信息化几个问题的探讨. 电力信息化 [J], 2003, 1(3): 20-23.

[6] 孙珂,沈沉,梅生伟,等. 基于网格技术的电力企业信息资源整合方案 [J]. 电网技术, 2007, 31(22): 80-84.

[7] IEC 61970-1, EMS-API-Part 1: Guidelines and General Requirements [S].

[8] IEC 61970-2, EMS-API-Part 2: Glossary [S].

[9] 杨卫东,徐政,韩祯祥. 电力系统灾变防治系统: 研究的现状与目标 [J]. 电力系统自动化, 2000, 24(1): 7-2.

[10] 胡钧毅,房鑫炎. 网格技术在电力系统事故预警中的应用 [J]. 华东电力, 2006, 34(11): 8-11.

### 作者简介:

杨旭昕 (1988-), 男, 本科生, 主要从事电力系统稳定与控制方向研究。

刘俊勇 (1963-), 男, 教授, 博士生导师。主要从事电力市场、分布式发电、灵活输电与电力系统可视化等方面的研究。

季宏亮 (1970-), 男, 高级工程师。主要从事继电保护, 自动化方向研究。

(收稿日期: 2010-03-29)

(上接第 63 页)

## 3 建议

(1) 尽快配合研究提出适应于向家坝机组投产初期复龙—上海特高压直流大功率外送的四川电网加强方案。在向家坝机组投产初期, 特高压向家坝—上海直流可为四川水电提供外送通道。根据复龙—上海 ±800 kV 特高压直流投运初期的系统稳定分析, 四川电网不能满足向家坝—上海特高压直流投运初期送出 3 200~6 400 MW 功率要求, 需要加强泸州和宜宾 500 kV 电网。

(2) 需要加快深入开展四川电网对特高压电网的适应性研究。重点研究四川特高压多馈直流和交流系统之间安全性相互影响及协调控制策略、四川特高压多馈直流输电系统之间协调控制策略、四川交、直流混合输电系统动态稳定特性、特高压直流投运后与交流电网之间的无功控制策略等。

(3) 开展特高压技术培训, 提高驾驭特高压电网能力。向家坝—上海 ±800 kV 特高压直流输电示范工程计划于 2010 年 6 月底双极投运, 届时四川省电力公司将管理特高压线路的运行、检修维护。随着其他特高压工程的建设投运, 省公司面临更多的特高压电网管理职责。建议省电力公司加大对生产运行、变电检修、调度、仿真分析、带电作业等人员的特高压培训及人才培养储备, 提高驾驭特高压电网能力。

(4) 研究特高压接入对四川电网继电保护的影响。建立特高压接入后四川电网 RTDS 仿真模型, 对国内外相关厂家的继电保护装置进行试验验证, 研究试验过程中电气特性和保护动作行为, 分析特高压接入对四川电网 500 kV 系统继电保护的影响, 在相关理论研究和试验验证的基础上, 制定相关对策。

(5) 合理配置电网调度运行人员和特高压建设管理组织机构, 以适应特高压电网的快速发展。特高压电网使各级电网之间的相互影响、相互作用增强, 四川电网的安全稳定特性与区外电网运行方式相关, 电网运行特性复杂。而且特高压联网运行后电网功率振荡隐患始终存在, 电厂安全对电网安全运行影响更大, 机网协调管理延伸至 110 kV 电网, 机网协调管理工作量大, 故建议依据电网规模、调度对象等, 重新核定各级调度机构定员, 以适应特高压电网发展要求和调度安全的可持续全面协调发展要求。

四川在未来二十年内将建设规模巨大的特高压电网, 目前已经开工建设两个特高压直流工程, 启动了一个特高压直流工程和一个特高压交流输变电工程前期工作, 工作任务艰巨。目前特高压工程办公室只有四个人, 特高压属地电业局没有相应的专门机构和专职人员, 不利于特高压建设的顺利开展。建议在有特高压电网的宜宾、泸州、西昌、雅安等属地电业局设置特高压建设专门机构或专职人员, 对口办理特高压相应县、市的前期手续及协调属地搞好特高压电网建设。

(收稿日期: 2010-03-05)