

灵活交流输电技术在四川电网中的运用及展望

范荣全

(四川省电力公司, 四川 成都 610041)

摘要: 分析了四川电网的现状及存在的问题, 通过对 FSC 及 SVS 在四川 500 kV 超高压电网的运用总结, 在展望电网发展的基础上, 结合四川水电资源及其外送通道的特点, 提出灵活交流输电技术在四川电网的发展过程中将得到广泛的运用。

关键词: 灵活交流输电; FSC; SVS; 电力系统

Abstract: The present situation and existing problems of Sichuan power grid are analyzed, and the application of FSC (Fixed Series Compensator) and SVS (Static Var System) to 500kV EHV power system is summarized. Base on the development of power system and combined with water and electricity resources as well as the characteristics of transmission path, it puts forward that flexible AC transmission systems will be widely applied in Sichuan power grid.

Key words: flexible AC transmission systems; FSC; SVS; power system

中图分类号: TM721 文献标识码: A 文章编号: 1003-6954(2007)增-0034-04

自 20 世纪 70 年代以来, 随着电力电子技术、计算机技术和控制技术的迅速发展, 以提高输电线路的传输功率、提高电力系统的稳定水平、增强暂时过电压的控制能力、防止电压崩溃、增强系统的阻尼为目的的灵活交流输电技术(Flexible AC Transmission Systems)得到了迅速的发展, 受到了各国电力界对这一新技术的高度关注。

1 四川电网的现状存在的问题

20 世纪 90 年代, 随着装机容量为 330 万 kW 的二滩水电站的开工建设, 四川拉开了 500 kV 超高压输电系统建设的步伐。受多方面因素的影响, 四川电网在 2005 年以前的发展速度较为缓慢, 截止到 2005 年底, 全网共有 500 kV 变电站 7 座, 开关站 1 座, 变电容量 675 万 kVA, 线路长度 3 083.4 km。

二滩水电站位于四川西南边陲的攀枝花市, 远离负荷中心。发出的电力通过三回 500 kV 线路送入近 500 km 外的自贡 500 kV 洪沟变电站。受电网结构薄弱的影响, 系统稳定水平不高, 致使二滩水电站丰水期约有 40 万 kW 容量被封锁。四川电网与华中电网联网后, 因远距离向华中送电, 一定程度上更降低了二滩电站送出系统的稳定水平。

随着南充-万县 500 kV 线路在 2004 年丰水期投产, 川渝断面得到加强, 但川渝断面总的稳定水平

仍较低。四川 500 kV 主网架和川渝断面的安全稳定问题仍主要集中在二滩送出线路的川电外送通道上。二滩电厂的稳定水平没有明显改善, 电网的安全运行依然高度依赖于川电东送安控系统。

2 FSC 在四川二滩 500 kV 送出通道——普提 500 kV 开关站的运用

普提 500 kV 开关站位于凉山彝族自治州昭觉县, 海拔 2 100 m, 日温差 25 K, 有三进三出共 6 回 500 kV 线路。

为解决二滩水电站丰水期约 40 万 kW 容量被封锁的问题, 经系统论证, 确定采用在普提开关站至二滩 I、II、III 回出线上各加装 1 组 315 Mvar 固定串联电容补偿装置(FSC, 补偿度为 40%) 和架设长约 261 km 的普提至思蒙的 500 kV 送电线路(即“前三后四”中间加串补方案)。

FSC 项目于 2003 年开始启动, 2004 完成立项审查, 2005 年完成主设备采购合同谈判并于同年开工, 2006 年 11 月全部建成投运。

普提串联电容补偿装置(FSC) 主要由电容器组、金属氧化物变阻器(MOV)、放电间隙、阻尼电抗器、旁路开关、绝缘平台、保护和控制系统组成, 装置采用 MOV、放电间隙及旁路断路器对电容器进行保护。该 FSC 装置的基本接线如图 1 所示。

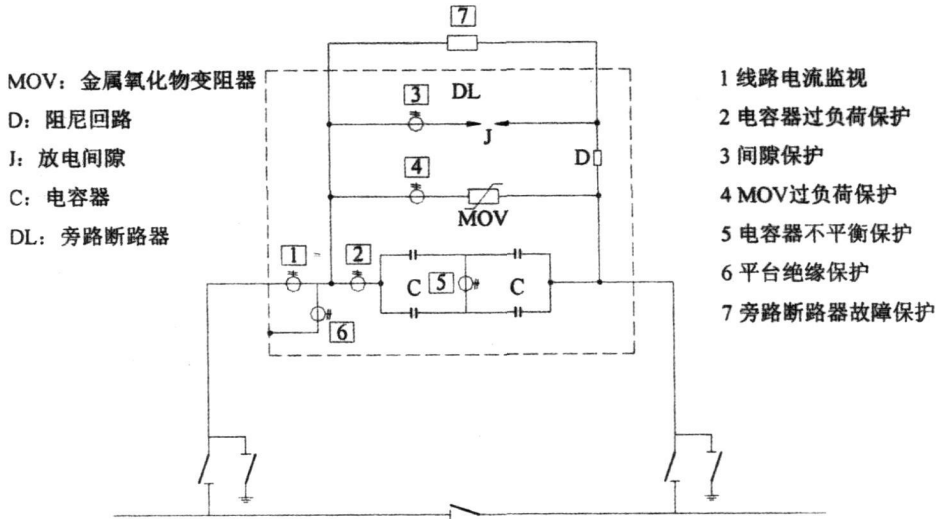


图 1 FSC 装置的基本接线

为检验设备的性能及保护动作情况,四川省电力公司于 2006 年 11 月利用人工单相接地短路试验对其性能进行了考核。结果表明,设备性能和保护动作情况满足设计要求,达到了预期的目的。

FSC 装置及普提- 思蒙 500 kV 线路建成后不但解决了丰水期二滩水电站被封锁的 40 万 kW 的电力送出问题,而且解决了即将开发的位于普提开关站近区累计约 1 165.9 MW 的西溪河、美姑河、黑水河上的众多中小型水电站的电力送出问题。

3 SVS 装置在川电东送 500kV 输电通道枢纽变电站 —— 洪沟 500 kV 变电站的运用

四川西部的水电经川渝、渝鄂电网联络线送入华中和华东地区。经系统稳定计算, 2006~ 2008 年丰水期川渝外送不满足送电需求, 需要采取措施提高川渝断面的输电能力。

随着二普、万龙串补的投运以及永川、广安等站投运, 川渝、渝鄂断面的输送极限有了大幅提高。但川电东送电源基地主要集中在川西南的二滩电厂以及川西石雅崇地区, 送电容量大, 大功率穿越四川与重庆电网, 而川渝电网网架相对薄弱, 川电外送南通道动态电压支撑明显不足。发生故障后, 潮流转移过程中的电压振荡导致负荷的波动可能加剧系统振荡。川渝、渝鄂断面在 2007、2008 年不能满足送电需求。

为充分发挥现有 500 kV 线路的输电能力, 在川电东送通道上安装静止无功补偿装置, 利用其快速、动态的电压无功支撑能力抑制通道上的电压波动、阻尼系统振荡, 进而提高输电能力具有巨大的现实意义。经系统论证在四川 500 kV 洪沟变电站、重庆 500 kV 陈家桥变电站和重庆 500 kV 万县变电站分别安装一套容量为 120 Mvar、120 Mvar、180 Mvar 的静止无功补偿装置(图 2 为川渝输电通道 SVS 和 SVC 配置) 可以提高输电系统稳定性。

洪沟 500 kV 变电站的静止无功补偿系统 SVS 的配置为: 容量为 120 Mvar 的 TCR, 容量为 40 Mvar(装见容量 49.6 Mvar) 的 5 次谐波滤波电容器成套装置, 容量为 5 × 40 Mvar 的 MSC, 容量为 3 × 45 Mvar(5 组设备, 选投其中 3 组) 的 MSR, SVS 系统稳态无功调节范围达到 240 Mvar(容性) ~ 215 Mvar(感性), 回路可调感性无功为 0~ 120 Mvar。洪沟 500 kV 变电站的静止无功补偿系统 SVS 如图 3 所示。

洪沟 500 kV 变电站静止无功补偿系统 SVS, 是这三套静止无功补偿系统中最先投产, 并进行了完整的调整试验和电力系统试验。它于 2005 年初开始进行系统研究, 年底完成技术条件和规范的研究, 同时完成采购和示范工程设计, 2006 年 2 月破土动工, 6 月建成; 7 月初经过 72 小时试运行后投入使用。11 月 22 日完成电力系统大小扰动试验, 至今 SVS 系统运行正常。SVS 系统的投运增加系统输电能力 10~ 21 万 kW, 增强了系统安全稳定水平, 收到明显的经济和社会效益。

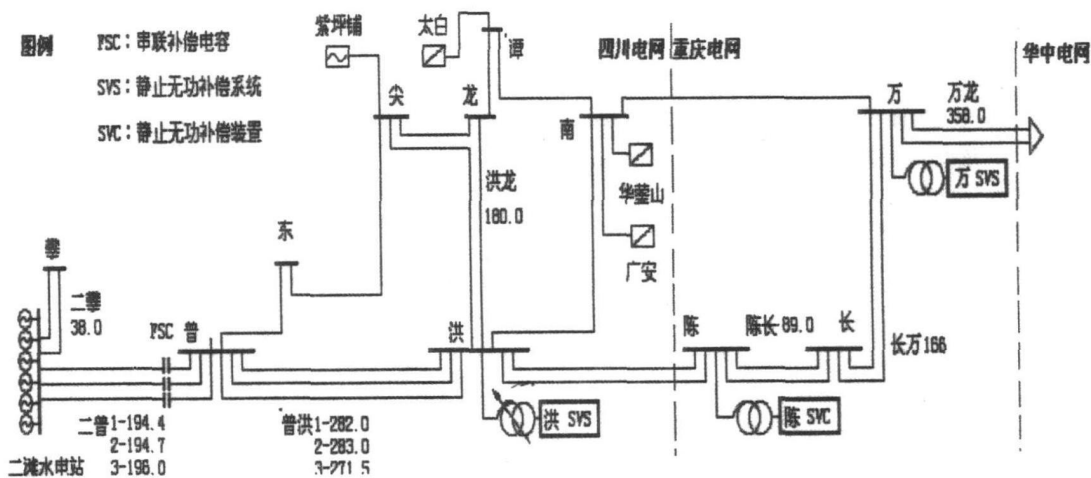


图 2 川渝输电通道 SVS 和 SVC 配置

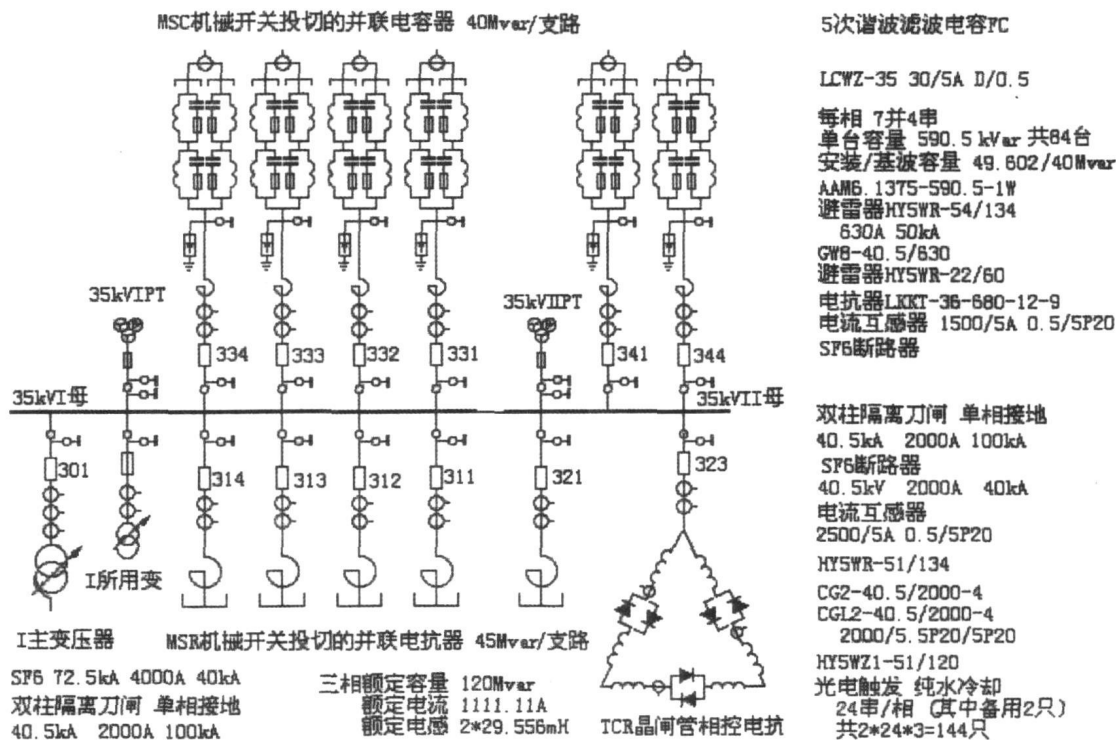


图 3 500 kV 洪沟变电站的静止无功补偿系统 SVS

4 四川电网的发展前景

根据四川社会经济发展规划、经济结构的变化趋势及 2020 年实现全面小康的总体目标,特别是结合“十五”前四年四川负荷的实际增长情况和发展趋势,预计 2010 年、2015 年及 2020 年全省装机分别达到 4 200 万 kW、6 700 万 kW 和 8 000 万 kW。

四川水电资源丰富,全省理论蕴藏量达到 1.44

亿 kW,占全国水电的 20.7%,技术可开发量为 1.2 亿 kW,占全国的 22.2%,居全国第一。大力开发四川水电,实现川电外送是落实国家西部大开发战略,将四川的资源优势转化为经济优势的具体体现。规划到 2020 年,四川的水电装机将达到 6 600 万 kW,届时四川将成为中国最重要的“西电东送”水电基地。丰富的水电将通过 11 个通道送出。

四川电网将在“十一五”期间得到飞速的发展,将形成覆盖全省主要地区的 500 kV 网架,在四川中部

自北向南将形成“梯格形”的 500 kV 网架。丰富的水电资源将以八回特高压直流、四回特高压交流和六回 500 kV 超高压输电线路送入重庆、华中和华东地区,将成为国家电网中最重要的送端电网。

5 灵活交流输电技术在四川电网中的运用展望

四川的水电资源主要分布在川西青藏高原东麓的金沙江、雅砻江和大渡河,其可开发量占全省的 81.2%。川西高原山高、谷深、坡陡、林密,存在高海拔、重覆冰问题,在电源点与宝成铁路线、成昆铁路线之间还分布有众多的自然保护区,输电通道和站址资源极为有限。

社会要发展、人类要进步,离不开对能源的需求和开发,但能源的开发又必然会在一定程度上造成对环境的破坏。在发展的过程中如何在发展和保护之间找到一个平衡点将是关注的重点。在发展的过程中需要自觉建立环境友好型、资源节约型的理念,营造健康、和谐的人文环境。具体到输电通道建设方面,就是除在输变电建设过程中尽量保护环境之外,另一个最重要的原则就是如何利用高科技手段,通过提高单回线路的输电能力而减少通道建设的数量将带来明显的经济效益和社会效益。因此,随着技术的进步和科技的发展,灵活交流输电技术必将在四川电

网的发展过程中得到广泛的运用。

6 结束语

通过运行实践及人工单相接地短路试验表明,普提 500 kV 开关站 FSC 及洪沟 500 kV 变电站 SVS 的性能满足要求,达到了预期的目的,解决了二滩水电站丰水期电力送出受阻问题,满足了川电外送需要,取得了良好的经济效益和社会效益。为营造健康、和谐的人文环境,FSC 和 SVS 等灵活交流输电技术将在四川电网的发展过程中得到广泛的运用。

参考文献

- [1] 周孝信,郭剑波,胡学浩等.提高交流 500 kV 线路输电能力的实用化技术和措施[J].电网技术,2001,25(3):1-6
- [2] PRABHA KUNDUN.电力系统稳定与控制[M].中国电力出版社.
- [3] 孙元章,刘前进.FACTS 控制技术综述—模型,目标与策略[J].电力系统自动化,1999,23(6):1-7
- [4] 何大愚.电力电子技术的进步与柔性交流输电技术的换代发展[J].电网技术,1999,23(10):1-4
- [5] 王仲鸿,沈瑜,吴铁铮.FACTS 技术研究现状及其在中国的应用与发展[J].电力系统自动化,2000,24(23):1-5

(收稿日期:2007-08-15)

(上接第 33 页)不能上岗,安全措施不完善不能开工,安全人员不到位不能施工。

(4) 严格控制投资。四川省电力公司坚持“静态控制、动态管理”的原则,加强了对投资的总体控制,确保了工程建设的顺利进行。根据四川省电力公司出台的《四川省电力公司输变电工程项目设计变更和变更设计管理办法》以及《四川省电力公司输变电建设工程勘察设计质量考核管理办法》等管理办法和规定严格控制并管理设计变更,严格执行考核管理,确保项目投资控制在国家批复的范围内。

6 结束语

经过全体建设者的共同努力,国内第一套大容量并安装在 500 kV 超高压输电通道枢纽变电站的静止

无功补偿系统(SVS)于 2006 年 6 月 30 日按照预定计划投入运行,通过 RTDS 仿真试验及人工接地短路试验验证了其性能。该项目得到了以工程院院士孙才新和钱清泉为主任委员和副主任委员组成的鉴定委员会的高度评价,认为:“本项目的完成提高了川渝电网输电能力,改善了系统的安全稳定性。其研究成果在超高压电网枢纽变电站 SVS 的多任务、多目标、分层分布式控制等方面具有创新性,整体达到国际先进水平,具有明显的经济效益和社会效益”。

SVS 系统的建设实践证明,紧紧抓住科技是第一生产力这一要素,充分发扬“努力超越、追求卓越”的企业精神,秉承“敢为天下先”的创新精神,在建设过程中创新建管体制,加强过程控制和管理,自主创新的高科技成果一定能转化为生产力并按期发挥巨大的经济效益和社会效益。(收稿日期:2007-08-15)