

文章编号 :1674-8441(2011)05-0038-04

三华特高压同步联网及其对调度方式的影响

艾琳¹, 王超², 陈为化³

(1. 华北电力设计院工程有限公司, 北京 100120; 2. 浙江电力调度通信中心, 浙江 杭州 310007;

3. 中国电力工程顾问集团公司, 北京 100120)

摘要: 介绍了特高压交流输电试验示范工程与三华电网的基本情况, 从能源优化配置、经济发展以及提高电网安全稳定运行水平等方面论证了三华特高压同步联网的必要性, 从我国在电网运行方面已经具备的硬件、软件及管理经验论证了联网可行性, 提出通过建设统一的调度平台、提高智能调度水平、开展危机调度研究、促进调度人员交流等方式应对三华特高压同步电网对调度方式的影响。

关键词: 特高压; 交流输电; 调度; 控制

中图分类号: F426.61; TM73 **文献标志码:** A

Analysis on UHV Synchronous Interconnection of Three Regional Power Grids of China and Its Influence on Dispatch Mode

AI Lin¹, WANG Chao², CHEN Weihua³

(1. North China Power Engineering Co., Ltd, Beijing 100120, China; 2. Zhejiang Electric Power Dispatch and Communication Center, Hangzhou 310007, China; 3. China Power Engineering Consulting Group Corporation, Beijing 100120, China)

Abstract: This paper presents the basic facts of the ultra-high voltage (UHV) AC transmission pilot project and the three regional grids of North China, East China and Central China. It discusses the necessity of the UHV synchronous interconnection of the three regional power grids in terms of optimization of energy resources allocation, economic development and improvement of the safety and stability of power grids, and the feasibility of the UHV AC interconnection in terms of the availability of the hardware and software and management experience in China's power grid operation system. The paper proposes that a unified dispatch platform should be built, smart dispatch be improved, emergency dispatch be studied and exchange of dispatch operators be promoted to address the possible impacts of the UHV AC interconnection on the power grid dispatch mode.

Keywords: ultra-high voltage; AC power transmission; dispatch; control

0 引言

特高压交流输电方式能够满足发展大容量, 中、长距离输电工程的需要, 并可解决输电走廊布置困难、短路容量受限等问题, 提高电网接纳风电等清洁能源的能力, 提升系统运行的经济性和稳定性^[1-20]。

2009年1月6日, 我国第一条1000kV特高压交流输电试验示范线路正式投入运行, 实现了华北与华中2个区域电网的特高压互联。三华电网是我国华北、华中、华东3个区域电网的总称。华北电网地区煤炭储量丰富, 华中电网地区水电资源丰富, 华东电网地区经济发达, 三华电网联网后将发挥西电

收稿日期: 2011-02-08



东送、水火互补、互为备用的规模优势，与 3 个电网分别独立运行相比，将大大提高系统运行的安全性，并将产生巨大的经济效益。

本文根据我国首条特高压交流输电试验示范工程的基本情况以及三华电网的基本特点，结合国内外的经验与三华地区的特点，将论述三华电网发展特高压同步电网的必要性和可行性，针对三华特高压同步电网对调度方式的影响提出相应解决办法。

1 特高压技术与三华电网

1.1 特高压技术在我国的发展情况

随着技术的不断发展和经济社会对电力需求的增长，电力系统的电压等级逐渐升高。一般而言，交流 1 000 kV 及以上、直流 \pm 800 kV 及以上的电压称为特高压。特高压交流输电具有技术成熟、经济性好、谐波干扰小、系统故障率低等优点，适用于沿线有降压供电需要、输电走廊布置困难的大容量输电以及两大区域电网间的大容量联网输电干线等领域。特高压直流输电具有线路造价低、年电能损失小等优点，适用于长距离大容量输电、交流系统之间异步互联和海底电缆送电等领域^[2]。

特高压交流输电示范线路北起山西晋东南变电站，途经河南南阳开关站，南至湖北荆门变电站，全长 639 km，连接华北、华中 2 个区域电网。2 年多的成功运行，证实我国有能力运营、管理好特高压交流输电线路。

1.2 三华电网

华北电网由京津唐、河北省南部、山西省、山东省和内蒙古自治区 5 个电网组成，供电区域包括北京、天津、河北、山西、山东和内蒙古西部，供电面积 171 万 km²，供电人口 2.5 亿。华中电网覆盖湖北、河南、湖南、江西、四川、重庆六省（市），供电面积 138 万 km²，占全国国土面积的 13.5%，供电人口 3.9 亿。华东电网是一个典型的受端电网，供电区域包括上海、江苏、浙江、安徽、福建四省一市，位于我国经济发达的东部沿海地区。

在特高压交流输电试验示范工程投运前，三华电网基本上自成体系运行，华北与华东没有电气联系，华中、华北仅靠 1 回 500 kV 辛洹线联络，华

中、华东之间依靠 3 回直流线路联系。随着特高压战略的实施，三华电网将逐步形成以 1 000 kV 交流电网为主干网架的一个双环网（部分通道为 3 回线），环网覆盖河北、河南、安徽、江苏、浙江、湖北等地区，四川水电除通过特高压直流外送以外，还将通过 1 000 kV 双回线直接送到 1 000 kV 大环网上的荆门站，陕西、蒙西火电也将分别通过 1 000 kV 线路直接向大环网供电，同时大环网也承担着向主要负荷中心输送电力的职责，将通过 1 000 kV 线路向北京、长沙地区供电，并通过一个较小的 1 000 kV 交流双环网直接对长三角重负荷区供电。

2 形成三华特高压同步电网的必要性和可行性

2.1 三华电网特高压联网的必要性

三华电网特高压联网是由我国的能源结构特点、社会经济发展等因素决定的，其必要性主要体现在以下几个方面：

(1) 能源优化配置的需要。三华电网的形成，为“西电东送、南北互济、全国联网”提供了网络支撑，负荷中心（长三角、京津唐）可以更充分分享西南水电、“三西”火电。三大区域电网各有其优势：华北电网所在地区煤炭储量丰富，华中电网所在地区水力资源丰富，华东电网所在地区可以借助沿海优势发展大风电和大核电。三大电网地区气候特征各异，负荷特性不同，高峰负荷存在时段性差异，整合资源优势，将实现能源优化配置效益的最大化。

(2) 经济发展的需要。进入新世纪以来，三华地区的经济发展迅速。华北地区是我国的政治文化中心，华东地区已经成为我国的经济中心之一，华中地区承担着中部崛起的重任。三华地区经济的快速发展导致了对电能的大量需求，然而三华地区煤炭、水力等常规发电资源从长远来看不能满足经济的发展要求，需要从外地输入大量电能。

(3) 提高电网安全稳定运行水平的需要。随着经济的发展与用电负荷的增加，现有电压水平下各区域电网的短路电流超标问题日益突显，危及电网的安全稳定。经济发展所需的电力输送，如果不采

用特高压输电方式会产生输电走廊的布置困难、短路电流接近开关极限等问题,采用特高压交流输电是解决这些问题、提高电网安全稳定运行水平的有效方法。

2.2 三华电网特高压联网的可行性

从硬件、软件以及运行管理等方面看,三华电网实现特高压联网已经具备了可行性。

(1) 坚实的硬件基础。国内外对特高压交流输电已经进行了长达半个多世纪的研究试制工作,积累了相应的开发经验和制造技术,并已经形成了产品。我国在特高压工程的论证阶段,已明确将其作为输变电设备制造业技术提升与自主创新的依托工程,其设备全面实现自主研发、国内生产,除部分关键技术需由外方提供支持外,全部可由国内企业承担。特高压交流试验示范工程投运至今已安全运行 2 年多,证明了三华联网将建立在坚实的设备硬件基础之上^[3-5]。

(2) 良好的软件平台。要形成三华特高压同步电网,在软件方面,一方面需要有良好的仿真软件用于离线的模拟与研究,另一方面需要有良好的数据处理软件用于在线的监视与控制。前者,我国已经具有 BPA、PSASP(电力系统分析综合程序)等一批优秀的电力系统分析、仿真软件,可用于特高压联网后的超大型电网的各种计算与分析;后者,我国的各级调度系统已经具有相当规模的 SCADA、EMS 以及在线预警系统,能够实时、在线地监视、控制电网的各项运行指标。

(3) 先进的运行管理。三华电网有坚实的超高压交流输电研究、运行基础。目前,三华电网 500 kV 网架已经形成,为特高压的研究、运行提供了基础。特别是华北电网与华中电网,在特高压交流试验示范工程投运以来,特高压联络线未因调度责任发生跳闸,联络线两端区域电网控制性能标准运行指标稳步提高,特高压运行实践经验基本具备。

3 特高压同步电网给调度运行带来的挑战及对策

3.1 带来的挑战

特高压联网后,三华电网将是世界上规模最大

的同步电网之一。由于电网的电压等级和规模都大幅扩展,特别是在特高压联网初期,网架结构薄弱,极需要研究如何解决可能存在的连锁故障风险;在调度运行方面,传统调度方式的权责归属问题可能降低电网调整、控制的响应速度,各级调度均以各自的最优目标进行调整可能偏离全局最优,这将给调度运行带来巨大挑战。

3.2 应对措施

针对上述可能出现的问题,必须在规划、技术、管理等方面采取积极、稳妥、有效的措施,扫清联网运行的障碍。在规划方面,应立足现在,放眼长远,充分考虑可能出现的各种问题,保证电力的供需平衡。在技术方面,整合现有技术支持平台,保证规范、用语、设备的统一,实现电网信息共享。在管理方面,提升电网大局观,推进扁平化管理,减少管理层次,提高管理效率和执行能力。调度系统作为电网的运行管理中枢,必须从全局进行调整才能达到最优控制效果。为适应三华特高压同步电网,调度系统的主要措施有以下几个方面:

3.2.1 建设统一调度平台

三华电网联网后,交流 1000 kV、500 kV、220 kV 高低压电磁环网的运行格局短期内难以根本改变,任何一级电网的设备检修、运行操作可能对上、下级电网的安全稳定运行产生影响,局部电网的事故都可能演变为整个电网的灾难。因此,要充分考虑基于调度管辖范围划分而建设的能量管理系统(EMS)、调度运行管理系统(OMS)、雷电定位系统(LIS)、调度员培训系统(DTS)等信息的有效交换,实现对整个电网的迅速掌控和在线实时分析。整合现有技术支持平台,建设统一的调度工作平台,实现跨区电网间信息的及时交换和共享是保证三华特高压同步电网发挥最大效益的关键。

3.2.2 提高智能调度水平

三华电网联网后,调度系统数据量成倍增加,电网运行更加复杂,给传统的调度方式带来了较大的压力。目前,建设智能电网是世界电力系统发展的趋势,为智能调度的建设提供了机遇。通过提高智能型调度水平,完善系统在线监控、系统分析与评估、故障预警与处理等功能,将能够进一步提高调度的可预见性、科学性与安全性。



3.2.3 开展危机调度研究

三华联网的实现，提高了电网互为备用、相互支援的能力。但在另一方面，也应看到大电网面临的风险与存在的危机大大高于普通规模的电网。特别是近几年国外发生的大电网事故，为电网调度安全运行敲了警钟。虽然大电网事故的发生概率较小，但是一旦发生严重事故，影响面将极其大。因此，开展危机调度研究并寻求解决措施是形成特高压同步电网前必须完成的任务。

3.2.4 促进调度人员交流学习

调度工作是联系现场运行工作与机关管理工作的纽带，是大电网安全管理的最后一道屏障。坚实的理论基础知识、丰富的现场经验、过硬的心理素质以及无私的奉献精神是调度人员的基本要求；同时，调度人员对所调电网的特性、薄弱环节以及防范措施等要了如指掌。坚持引进与输出平衡，横向与纵向并重，促进调度人员交流学习，为早日培养出适应特高压同步电网调度所需人才提供条件，实现共同推进大电网安全性的整体提高。

4 结语

三华特高压同步电网的形成，会给华北、华中以及华东电力系统现有的管理、控制、运行等多个方面带来挑战，特别是电力系统的分析与控制方面，而这将最终反映在调度运行上。全国联网是特高压发展的一个必然结果。全国联网网架结构将是一个多端的网络，并且是分阶段分地区逐步建设的，三华特高压同步电网作为该系统的重要一环，对于我国特高压的发展具有重要的意义与作用。

参考文献：

- [1] 刘振亚.特高压交流输电技术丛书[M].北京:中国电力出版社, 2008.
- [2] 刘振亚.特高压输电是中国电力发展的必由之路[J].国家电网, 2006(12): 4-5.
- [3] 徐永禧.特高压输电研究的过去及今后工程的预测[J].国际电力, 2004,18(6):13-16.
- [4] 维列夏金,吴维韩.俄罗斯超高压和特高压输电线路防雷运行经验分析[J].高电压技术,1998,24(2):76-79.
- [5] 韩启业,张湘南.日本东京电力的 1 000 kV 特高压输变电系统[J].华

中电力,1999,12(4):63-66.

- [6] 张运洲,韩丰,张卫东,等.特高压交流输电的经济性[J].电力技术经济,2007,19(1):1-7.
- [7] 王信茂.我国电力投资体制改革 30 年回顾[J].电力技术经济,2008,20(6):1-8.
- [8] 白建华,辛颂旭,贾德香.我国风电大规模开发面临的规划和运行问题分析[J].电力技术经济,2009,21(2):7-11.
- [9] 魏晓霞.我国风电发展存在的问题和应对措施[J].电力技术经济,2009,21(6):23-26.
- [10] 张运洲,白建华,辛颂旭.我国风电开发及消纳相关重大问题研究[J].能源技术经济,2010,22(1):1-6.
- [11] 蒋莉萍,何欣,张栋.加快电网智能化建设,打造资源优化配置平台[J].能源技术经济,2010,22(1):7-10.
- [12] 黄怡,张义斌,孙强,等.适应我国风电高速发展的举措建议[J].能源技术经济,2010,22(3):18-21.
- [13] 辛颂旭,白建华,郭雁珩.甘肃酒泉风电特性研究[J].能源技术经济,2010,22(12):16-20.
- [14] 陈贺,李隽,韩丰.我国风电大规模集中开发有关问题探讨[J].能源技术经济,2011,23(1):11-15.
- [15] 仇卫东,王智冬,李隽.我国风电发展相关问题分析[J].电力技术经济,2008,20(1):19-23.
- [16] 王智冬,李隽,仇卫东,等.2000—2006 年电网发展特点分析[J].电力技术经济,2007,19(5):23-28.
- [17] 宋永华,孙静.未来欧洲的电网发展与电网技术[J].电力技术经济,2008,20(5):1-5.
- [18] 白建华.坚强智能电网发展方式及其效益研究[J].能源技术经济,2010,22(10):1-6.
- [19] 柳一兵,赵晓华.智能电网发展的机制及其对电网自动化技术的影响[J].能源技术经济,2010,22(11):25-30.
- [20] 宋永华,杨霞.以智能电网解决 21 世纪电力供应面临的挑战[J].电力技术经济,2009,21(6):1-8.

艾琳(1978—),女,四川乐山人,博士,工程师,从事电力系统设计工作。E-mail: ailinhuadian@163.com

王超(1981—),男,山东淄博人,博士,国际大电网组织中国国家委员会委员,主要从事电力系统可靠性、电网安全稳定运行、特高压输电等方面的研究。E-mail: eewangchao@hotmail.com

陈为化(1978—),男,湖北襄樊人,博士,从事电力系统规划工作。E-mail: cwhwc@163.com

(责任编辑 / 樊爱霞)