

PCS-9550 直流控制保护系统在天广直流改造中的应用

贺智¹,李海英²,曹冬明²,李九虎²

(1.南方电网超高压输电公司,广东广州 510620;2.南京南瑞继保电气有限公司,江苏南京 211100)

摘要:天生桥至广州±500 kV 直流输电工程是南方电网第一个超高压直流输电工程,是我国第二条远距离、大功率、超高压直流输电工程。随着运行时间的增长,天广直流工程控制保护系统软、硬件故障逐渐暴露出来,多次造成单极强迫停运,甚至双极强迫停运,因此需要对天广直流控制保护系统进行整体改造。文中介绍了 PCS-9550 直流控制保护系统的结构、特点及在天广直流改造工程中的应用其改进之处。

关键词:高压直流输电;控制保护系统;动态模拟

中图分类号:TM712

文献标志码:B

文章编号:1009-0665(2010)03-0028-04

天生桥至广州±500 kV 直流输电工程自 2000 年 12 月 26 日投运以来,为西电东送和广东地区的经济发展,作出了很大贡献。工程的直流额定电压为±500 kV,直流额定电流为 1 800 A,直流额定功率的双极为 1 800 MW,线路全长 960 km。直流控制保护系统采用了 Siemens 公司提供的 SIMADYN D 系统。

随着运行时间的增长,天广直流工程控制保护系统软、硬件故障逐渐暴露出来,多次造成单极强迫停运,甚至双极强迫停运^[1,2];能量可用率低;板卡老化问题日益严重,个别元件损坏率很高,备品备件供应极其困难。其控制保护系统在原理、逻辑方面也暴露出较多缺陷,而且无法改进,给天广直流工程的运行、维护和整个南方电网的安全可靠运行带来了极大的困难和压力^[3]。因此需要对天广直流控制保护系统进行整体改造,根据电网发展对天广直流工程的功能进行全面优化,提高天广直流工程运行的可靠性,满足天广直流工程的安全运行和维护^[4]。

国内已经完成了直流输电技术的引进,并通过引进吸收再创新,具备自主完成直流输电系统的控制保护设备制造及生产的能力^[5]。国内厂家也有进行直流输电系统控制保护系统改造的经验,例如葛南直流控制保护改造,改造后的系统实际运行效果良好^[6]。同时,南方电网在天广、贵广、贵广二回直流输电工程的调试和运行工程中,已经培养、锻炼了大批直流输电工程技术人员,掌握了直流输电运行维护技术。因此依靠国内的设计、设备生产、施工、运行维护技术力量,对天广直流实现安全性好、可靠性高、技术先进的控制保护系统整体改造切实可行。

1 PCS-9550 直流控制保护系统

1.1 系统特点

PCS-9550 直流控制保护系统是具有完全自主

知识产权的全新一代平台,具有业界领先水平。PCS-9550 系统既继承了南瑞继保前一代的直流控制保护系统的经验与长处,也吸收了其他公司产品的优点。更重要的是 PCS-9550 直流控制保护系统是可以充分满足国内用户需求和运行习惯的产品,具有以下特点。

(1) 全部基于嵌入式硬件技术,直接相应硬件中断,无操作系统的高性能、分散、分布式系统,最快中断时间 25 μs;

(2) 全系统整体无风扇散热设计;

(3) 面向对象的图形化编程、调试工具,调试维护简单、直观,所见即所得;

(4) 所有装置内具有完善故障录波功能,直接以 IEEE 的 COMTRADE 格式文件存放至服务器,便于获得与分析;

(5) 系统性电磁屏蔽设计,整体具有高抗干扰性能;

(6) 运行人员控制系统可以跨平台选择,满足用户安全与灵活性的选择。

PCS-9550 控制保护系统采用了面向对象的图形化编程、调试工具,调试维护简单、直观,实现了所见即所得。对于所有的变量,可以在运行情况下,直接双击了解信号值,方便调试以及问题追溯等功能,而绝不会影响系统的安全。

PCS-9550 控制保护系统的所有装置内具有完善故障录波功能,直接以 IEEE 的 COMTRADE 格式文件存放至服务器,便于系统故障后直接通过安全的拷贝方式迅速获得与分析。同理,对于事件记录,也可直接保存到文本文档中,发送给相关技术人员进行分析。

对于任何事件,在运行人员系统上,都可以提示出产生该事件的变量名,以及所在软件的位置,便于技术人员迅速定位所在软件以及进行故障追溯。

1.2 系统结构

换流站控制保护系统总体上分以下几个子系统。

(1) 交流站控系统:完成交流场控制、交流滤波器控制。

(2) 直流站控系统:完成直流场控制、无功控制,与安稳系统接口。

(3) 直流控制(极控)系统:实现各种运行方式的基本控制功能。

(4) 直流系统保护:完成换流器、直流场、直流线路、接地极引线等的保护。

(5) 换流站运行人员控制系统:主要包括站 LAN 网、运行人员工作站、工程师工作站、站长工作站、仿真培训工作站、SER 终端、保护规约转换装置、服务器、站主钟等。

所有控制保护设备采用统一平台,方便了运行维护以及备品备件管理。统一平台是一个分层分布式系统,其示意如图 1 所示。

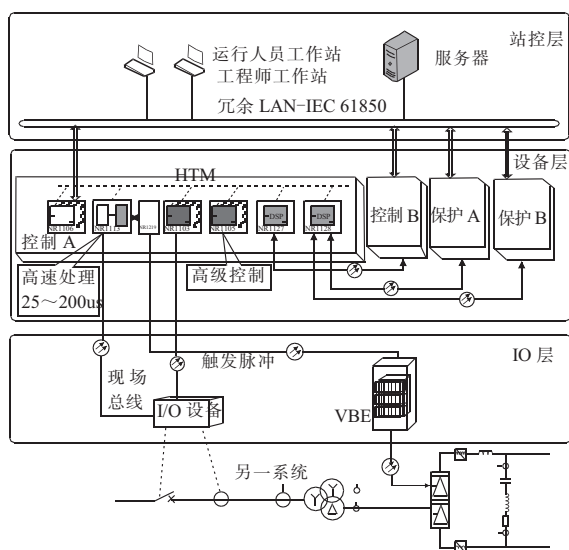


图 1 PCS-9550 直流控制保护系统的总体层次结构

控制系统采用了冗余的 2 套系统,每一套系统对自身进行监视,发现故障后及时进行冗余系统间的切换,确保始终由完好的一套系统处于工作状态。哪一套系统处于值班状态是随机选择的,并可以人为控制,而不是优先选择某一系统。切换的实现也不需要外部设备,只要依靠 2 套系统本身即可完成。保护系统可根据用户要求采用 2 套或 3 取 2 冗余系统。

2 天广直流改造工程应用

2.1 工程特点

应用于天广直流改造工程的 PCS-9550 直流控制保护系统是南方电网超高压公司直接参与,按照其运行习惯、反措要求开发生产,并充分借鉴了多年

直流系统的运行维护经验,总体上具有如下特点。

(1) 控制保护系统立足于一次设备的现状,既适应其接口要求,也在控制策略和基本功能上采用原直流控制保护系统的方法,并吸取已有的、成熟的技术成果进行优化。

(2) 改造后的直流控制保护系统冗余配置高于原有系统,达到现有工程的较高水平。其中所有系统的所有环节进行了冗余,保护系统按照原有运行习惯按 3 取 2 进行了配置,并进行了改进。

(3) 根据南方电网的反措要求,对保护的实现方式和故障策略进行了改进。

(4) 更为可靠的电子式测量设备,并采用了全新的系统结构进行测量数据共享和保证可靠性。

(5) 集成设计的谐波监视系统。

运行人员控制系统可以获得全站设备的信息与状态。改造后的系统采用完整系统双重化设计,没有任何单一环节,原系统 I/O 单元单重配置,总线双重化,在新系统中都改为了 I/O 单元,总线全部双重化配置,可靠性大幅提升。

改造后直流保护仍然采用原系统 3 取 2 模式,每重保护严格采用不同测量器件、通道、电源,同时对 3 取 2 逻辑、出口方式进行了优化,较原系统更为安全可靠。

当 3 套保护都完好时,有 2 套保护动作即可出口;当 2 套保护完好时,有 1 套保护动作即可出口;当只有 1 套保护完好时,1 套保护动作即可出口。这个策略相对以往系统进行了改进。

由于 3 取 2 逻辑是保护中的关键环节,因此控制系统对其状态进行监视,出现问题时会及时报警。

整个控制保护系统采用先进、统一的硬件设备、软件平台,应用软件可视化,界面友好,便于运行人员理解和维护。控制系统采用开放的网络结构,通信规约采用标准的国际通用协议。

新系统的接口按原一次设备和未改造设备要求设计,完全满足其接口要求。

2.2 控制策略

根据天广直流控制保护系统的改造立足于一次设备现状的原则,整个控制策略依然保持了原系统的控制策略,即整流侧定电流,逆变侧定电压。所有工作点的选择与原系统一致,具有完全相同的外特性曲线。新系统与原系统一样,通过既定的策略把直流功率、直流电流、直流电压及换流器触发角、熄弧角等被控信号保持在直流一次回路设备的稳态极限之内,把暂态过电流及过电压两者都限制在一次设备极限范围内,保证设备安全并保证系统性能。

2.3 保护系统改进

根据南方电网直流的运行经验,结合南瑞继保在直流工程中的经验,对天广改造后的保护系统进行了改进,确保了保护具有更好的性能。

(1) 2个极的保护严格分开,确保不运行极不操作与运行极相关的设备,也不会进行影响运行极的操作。改进的纵差保护逻辑,避免控制系统的调节造成检测过渡电阻能力下降。

(2) 增加了线路低电压保护(线路高阻故障),接地极开路保护(59EL)不采用纯中性电压判据,避免其造成的双极停运。

(3) 采用新策略的中性母线开关保护(82-HSNBS)。接地极电流平衡保护(60EL)/接地极过流保护(76EL)增加重起动处理策略,更有利于故障恢复以及减少运行的可能性。

(4) 线路再启动逻辑对双极相继故障重起动按照系统要求增加了处理策略。

2.4 电磁兼容与散热

天广改造工程中的PCS-9550控制保护系统在设计时对于散热问题进行了系统的考虑。屏柜设有均分布、布满整个平面的通风孔,以及屏蔽金属网,使得整个屏柜的空气流通顺畅;每层机箱上下表面都遍布通风孔,板卡垂直安装,利于空气对流;采用嵌入式分布系统,大规模采用低功耗器件,系统各部位负载均衡,因此整体发热低,无突出热点。通过以上技术手段,系统实现了无风扇散热,极大提高了可靠性。

PCS-9550控制保护系统还通过系统性的设计达到了很高的抗干扰能力,涉及到板卡、机箱、机柜、现场通信总线、外部电缆等各方面。实际现场检验,在控制室设备边使用对讲机不会对控制保护产生影响,即使打开柜门靠紧装置使用对讲机,也未造成系统控制功能异常或造成系统停运。

2.5 电子式测量设备及其接口

天广改造工程中,对电子式测量设备也进行了改造,在新系统中,设立了独立的测量接口屏柜。双极的测量接口屏柜是独立的,每一极按照3套保护的要求,设置独立的A,B,C套测量接口柜,分别对应保护的A,B,C,控制系统A,B在测量接口柜A,B上获取数据。这种结构明确了控制保护与测量系统的范围和接口,方便了运行和维护,提高了可靠性。其结构示意图如图2所示。

2.6 其他改进

PCS-9550系统的谐波监视功能是集成设计的,所有前端采集部分共享了控制保护的数据,只需要增加独立的谐波分析处理单元就可以实现谐波监视功能。

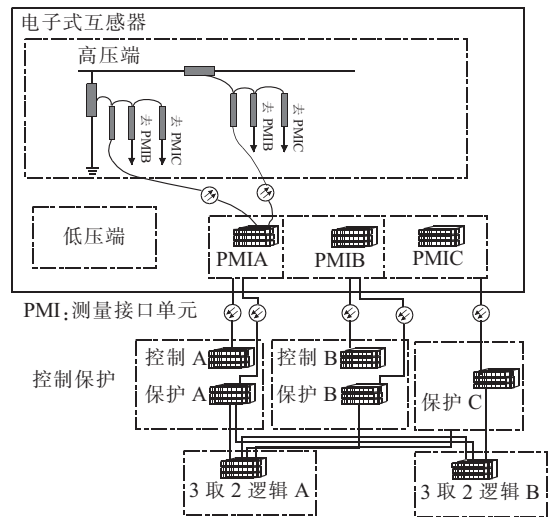


图2 电子式测量设备结构

运行人员控制系统做到了集成全站设备的信息与状态,在运行人员工作站上除了有全部直流系统的信息外,也有站内其他设备,例如交流保护的信息。另外整个系统完全适应IEC 61850规范。

2.7 动模测试

PCS-9550系统的厂内系统试验将所有设备及采购的第三方设备,按照最终运行的要求全部接入动模系统,动模系统提供与现场运行情况高度一致的接口环境与运行条件。系统试验的原则就是要求整个控制保护系统所有的部分都必须在与将来运行情况一致的情况下进行考核,是全面的、系统性的、与真实运行情况高度一致的试验。

3 结束语

利用PCS-9550直流控制保护系统进行的天广直流控制保护系统整体改造,实现了对天广直流工程的功能进行优化,必将提高天广直流工程运行的可靠性及各方面性能,满足天广直流工程的长期安全运行和易于维护的要求。

参考文献:

- [1] 丁 钊,韩伟强.天广直流输电系统双极运行情况总结[J].电网技术,2003,27(9):49-54.
- [2] 任达勇.天广直流工程历年双极闭锁事故分析[J].高电压技术,2006,32(9):173-175.
- [3] 荆 勇,黎小林.天广直流输电系统初期运行经验[J].南方电网技术研究,2005,1(2):60-64.
- [4] 南方电网技术研究中心.天广直流控制保护系统改造项目直流控制保护系统技术规范书[Z].2008.
- [5] 胡 铭,田 杰,李海英,等.高压直流输电控制保护系统国产化研究及其应用[C].中国电机工程学会2004年学术年会论文集,2004:743-747.
- [6] 田 杰.高压直流控制保护系统的设计与实现[J].电力自动化设备,2005,25(9):10-14.

作者简介:

贺智(1978-),男,湖南邵阳人,工程师,研究方向为高压直流输电系统技术管理;

李海英(1972-),男,河北饶阳人,高级工程师,研究方向为高压直流输电、电力电子技术在电力系统中的应用;

曹冬明(1972-),男,江苏泰兴人,高级工程师,研究方向为高压直流输电、电力电子技术在电力系统中的应用;

李九虎(1971-),男,江苏泰兴人,教授级高级工程师,研究方向为电力系统保护与控制。

Application of PCS-9550 Control and Protection System in Tianguang HVDC Transmission System Renovation Project

HE Zhi¹, LI Hai-ying², CAO Dong-ming², LI Jiu-hu²

(1. CSG EHV Power Transmission Company, Guangzhou 510620, China;

2. NARI Relays Electric Co. Ltd., Nanjing 211100, China)

Abstract: Tianguang ± 500 kV HVDC power transmission system is the first HVDC project in the CSG, and the second buck power HVDC transmission project in the China, which made great contributions in the power transmission from west to east and the economics development of the Guangdong province. With the growth of operation time, the trouble in the HVDC control and protection system becomes more and more serious, and has caused Tianguang HVDC transmission system single pole even bipolar pole to block for several times. It is necessary to update the control and protection system of Tianguang HVDC transmission system. The characteristics of PCS-9550 as well as its application in Tianguang HVDC transmission system are introduced in the paper.

Key words: HVDC; control and protection system; dynamic simulation

(上接第 27 页)

- [26] WU L, SHAHIDEHPOUR M, LI T. Stochastic Security Constrained Unit Commitment[J]. IEEE Trans on Power Systems 2007, 22(2): 800-811.
- [27] DANESHI H, JAHROMI A N, LI Z Y, et al. Fuzzy Mixed Integer Programming: Approach to Security Constrained Unit Commitment[C]. Proceedings of IEEE PES General Meeting Calgary, Canada, 2009.
- [28] CHOWDHURY B H, RAHMAN S. A Review of Recent Advances in Economic Dispatch[J]. IEEE Trans on Power Systems, 1990, 5(4): 1248-1259.
- [29] HAN X S, GOOI H B, KIRSCHEN D S. Dynamic Economic Dispatch: Feasible and Optimal Solutions[J]. IEEE Trans on Power Systems, 2001, 16(1): 22-28.
- [30] KUMAR A, CHANANA S. Security Constrained Economic Dispatch with Secure Bilateral Transactions in Hybrid Electri-

city Markets[A]. Proceedings of IEEE Power India Conference, New Delhi, India, 2008.

- [31] RUIZ P A, PHILBRICK C R, ZAK E, et al. New Real Time Market Applications at the California Independent System Operator[A]. Proceedings of IEEE/PES Power Systems Conference and Exposition, New York, USA, 2004.

作者简介:

李利利(1987-),男,安徽宿州人,硕士研究生,主要研究方向为电力系统运行和优化;

姚建国(1963-),男,江苏南通人,高级工程师,主要研究方向为 EMS 系统和电力系统智能调度;

耿建(1971-),男,山东文登人,高级工程师,主要研究方向为电力系统运行和优化;

徐帆(1984-),男,河北廊坊人,硕士研究生,主要研究方向为电力系统运行和优化。

Analysis of the Research on SCUC/SCED

LI Li-li, YAO Jian-guo, GENG Jian, XU Fan

(NARI Technology Development Co. Ltd., Nanjing 210061, China)

Abstract: Security-constrained unit commitment (SCUC) and security constrained economic (SCED), which take into account the security and economy of power system operation simultaneously, have caused extensive attention abroad. In recent years, SCUC based on the algorithm Mixed-integer programming (MIP) has procured practical application and rapid development. This paper presents a review of recent advances in SCUC/SCED research, the research situation of the optimization mathematical model and algorithms of SCUC are summarized, the progress of the study on SCUC based on the MIP algorithm is described in category, and the main methods and principles combined with their advantages and disadvantages are analyzed and reviewed, furthermore, some aspects that need to be urgently solved in applying SCUC/SCED to China are proposed.

Key words: SCUC; SCED; mixed integer nonlinear programming; intelligent dispatching