

# 变电站综合自动化系统现场调试若干问题阐述

方汀, 王宽, 陈佑健

(福州电业局, 福建 福州 350003)

**摘要:** 简要介绍了变电站综合自动化系统的功能和发展历程, 根据多年来从事继电保护综合自动化系统现场调试工作的经验, 从外回路、保护装置、机构本体和后台信号等几个方面重点总结了现场调试过程中需注意的问题, 以实际变电站为例, 阐述了综合自动化系统常见问题的应对策略和解决方案, 并从日常维护方便的角度对综合自动化系统的配置提出了几点建议, 最后对综合自动化系统最有可能的发展方向做了几点展望。

**关键词:** 变电站; 综合自动化系统; 现场调试; 展望

## The elaborations about some issues in the on-site debug of the substation integrated automation system

FANG Ting, WANG Kuan, CHEN You-jian  
(Fuzhou Electric Power Bureau, Fuzhou 350003, China)

**Abstract:** This paper introduces the functions and the development process of the substation integrated automation system. It sums up the points which should pay attention to by the on-site debug experiences, including major loop, protective device, structure, backstage signal, and so on. Taking real substation as an example, the paper focuses on the strategies and solutions about the common problems of the integrated automation system and gives some advice on its configuration for daily maintenance. Finally, it describes some prospects of the integrated automation system.

**Key words:** substation; integrated automation system; on-site debug; prospect

中图分类号: TM76 文献标识码: A 文章编号: 1674-3415(2010)03-0118-04

## 0 引言

综合自动化系统是利用先进的计算机技术、现代电子技术、通信技术和信息处理技术等实现对变电站二次设备的功能进行重新组合、优化设计, 对变电站全部设备的运行情况执行监视、测量、协调和控制的一种综合自动化系统。具有功能综合化、结构微机化、操作监控屏幕化和运行管理职能化等特点, 它的发展应用提高了变电站安全、稳定、可靠的运行水平, 减轻了值班人员的工作量, 使变电站的技术水平和管理水平得到全面的提高。

我国的变电站综合自动化系统的研究始于 20 世纪 80 年代, 大致经历了三代: 第一代是以 RTU 为基础, 基于变送器及继电保护与自动装置等设备; 第二代是以单片机为基础, 按功能划分硬件结构的综合自动化系统; 第三代是以现场总线、局域网技术为基础的分布式综合自动化系统。新建的变电站大多数都采用第三代。

本文以实际变电站基建调试为契机, 总结多年来综合自动化系统现场调试的经验, 提炼出变电站

现场调试过程中需要注意的问题, 针对常见问题提出了一系列解决方案, 供大家参考。

## 1 综合自动化系统现场调试过程中需要注意的问题

### 1.1 现场调试的几个阶段

工程调试按时间大致分为前期准备阶段、调试阶段、验收阶段和调试收尾阶段。前期准备阶段主要是对变电站一次设备、二次设备进行初步了解, 全面掌握系统性能、具体装置、屏功能, 达到进行系统调试的要求。调试阶段即结合设计要求和系统功能进行全面细致的试验, 主要包括一次、二次系统的电缆连接、保护、监控等功能的全面校验和调试, 以满足变电站的试运行条件。验收阶段是在所有一、二次设备带电, 综合自动化系统全部功能均投入运行的情况下, 检验系统反应的正确性。在验收结束后, 针对试运行过程中反映出的问题进行消缺处理。最后, 在调试收尾阶段做好维护人员和运行人员的培训, 文件资料的整理和移交。

### 1.2 实际变电站综合自动化系统简介

某实际变电站综合自动化系统采用的是南瑞继保 RCS9000 系统，如图 1 所示。

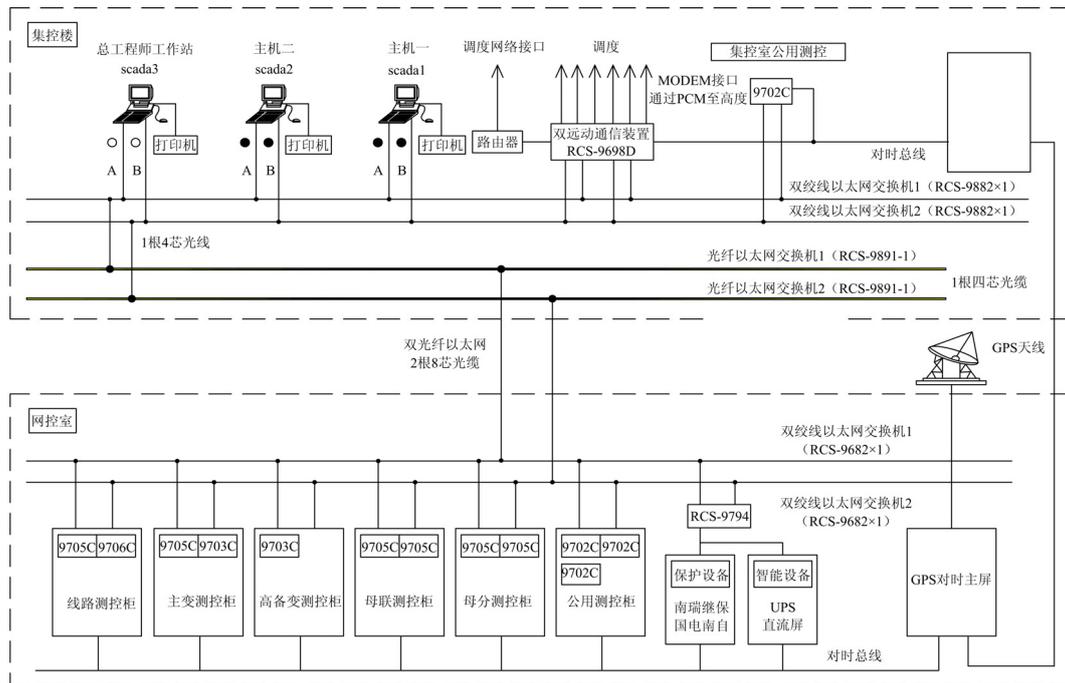


图 1 南瑞继保 RCS9000 变电站综合自动化系统

Fig.1 Nari-relays RCS9000 substation integrated automatic system

该系统是采用面向对象的设计思想，利用最新的计算机和网络通信技术，按照变电站自动化整体解决方案，统一规划、设计的分布分散式变电站自动化系统。从整体上分为三层：站控层、网络层、间隔层。间隔层主要由 RCS-9700 系列测控装置组成，线路测控采用 RCS-9705C，启备变及主变测控采用 RCS-9703C，公用测控采用 RCS-9702C。网络层采用双网结构，采用 100 M 高速工业级以太网；利用 GPS，采用 RS485 差分总线构成秒脉冲硬件对时网络。站控层主要由主、备服务器，工程师站，操作员站组成。

### 1.3 现场调试过程中需要注意的问题

#### 1.3.1 综合自动化系统电源检查

综合 A、B 网要由相互独立的直流电源供电，调试时要进行电源分/合试验，断开 A 网电源时 B 网工作正常，同样，断开 B 网电源时 A 网工作正常，时刻确保通讯正常；监控机配置不间断电源 UPS，在站用电出现故障时确保监控系统正常工作，特别是在发生事故后可以保证各种信息不至于丢失。

#### 1.3.2 开关控制回路的调试

给直流屏控制电源、储能电源或合闸电源，检查一次开关侧储能电源或合闸电源保险是否合上，以免合闸时烧毁合闸线圈。合上装置电源开关和控制回路开关，手动逐一分合断路器，检查控制回路、

断路器位置指示灯颜色是否正确，反应是否正常。如发现控制断路器位置指示灯熄灭或红绿灯全亮，要立即关闭控制直流电源，查找原因。

#### 1.3.3 断路器本身信号和操动机构信号在后台机上的显示

(1) 关于弹簧操动机构，检验弹簧未储能信号及报警音响是否正确。弹簧未储能信号应接在装置的正确位置，且要求在未储能时，触点闭合用以闭锁线路重合闸，同时电铃响。若正确，断路器合上后装置面板应有重合闸充电标志显示。

(2) 关于液压操动机构，检验压力信号是否齐全，后台机 SOE 事件名称、时间显示是否正确，音响报警应正确。

(3) 关于 SF6 开关气体压力信号，应在后台机上正确显示 SOE 事件名称、时间，音响报警正确。

#### 1.3.4 开关量状态在后台机上的显示

逐一拉合一次侧断路器、刀闸，查看后台机 SOE 事件名称、时间是否正确，断路器、刀闸状态显示是否正确。若状态与实际相反，必是断路器、刀闸辅助触点常开、常闭接反。此时，可通过更改电缆接线或后台机遥信量组态改正，但改后台机遥信量特性组态“常开”为“常闭”时，在调度端也应做相应改动。

#### 1.3.5 主变压器本体信号的检查

(1) 主变压器本体瓦斯、温度、压力等信号在后台机上显示的 SOE 事件名称、时间是否正确;重瓦斯信号、压力信号应响电笛并跳主变各侧断路器,轻瓦斯、温度高信号应响电铃。

(2) 查主变压器分接头档位和调节分接头过程在后台机显示是否正确。

(3) 查变压器温度在后台机显示是否正确。一般主变压器测温电阻应有三根出线,一根接测温电阻一端,另两根共同接测温电阻另一端用以补偿从主变压器到主控室电缆本身的电阻,提高测温的精度。在测温装置上也应按此方式连接,否则测出的温度不准,接错时是个死值。

### 1.3.6 二次交流部分的检查

(1) 解开地线,对所有的 CT、PT 二次回路摇绝缘,排除二次回路接地现象。

(2) 给一次侧送电,对二次电流回路进行完整性检查。不应开路或串到其他回路,有效值、相别应正确。在装置面板查看保护电流回路数值、相别和测量回路电流数值、相别;在电度表屏用钳型表测量计量电流,最后在后台机查看电流显示。

(3) 给一次侧送电或用调压器在 PT 二次侧加电压 57 V。注意观察该母线段所有保护、测量、计量电压回路应都有电压,其他母线段设备无电压,相别反映正确。用万用表量电度表屏计量电压,查看装置面板、后台机电压显示值是否正确。加三相电压,用相序表测量、测量、保护电压相序;同/异源核相;测量试验电压小母线 Sa 电压,按照开口三角接线画出六角图,确定 PT 二次回路正确后启动 PT 切换和电压并列功能。

### 1.3.7 装置定检过程中应注意的事项

(1) 定检前应先检查为防止 CT 二次回路开路的短接线是否已正确、牢固的短接好,PT 二次回路确实不存在短路现象。

(2) 试验用交、直流电源均应采用检修试验电源。

(3) 装置定检中应断开与本保护有联系的相关回路,如跳闸回路等,因检验需要临时短接或断开的端子应做好记录,以便在试验结束后正常恢复。

(4) 断开直流电源后才允许插、拔插件,插、拔交流插件时防止交流电流回路开路,接触插件或更换芯片时要有人体防静电接地措施并带棉制手套,并注意不得将插件插错位置。

(5) 原则上现场不允许使用电烙铁,试验过程中如需使用电烙铁进行焊接时,应采用带接地线的电烙铁或电烙铁断电后再焊接。

(6) 所使用的试验仪器外壳应与保护装置外壳

在同一点可靠接地,以防止试验过程中损坏保护装置的组件。

### 1.3.8 其他需要微机监控部分的调试

(1) 直流系统保护功能的调试。检验保护装置精度及传动断路器,在后台机上应报保护动作信息、开关变位信息和显示动作时刻数据。若装置带同期功能时,应找准线路侧电压和母线侧电压基准点。

(2) 监控部分功能的调试。检查后台遥控断路器、主变压器分接头、电动刀闸应正确无误。若遥控断路器不成功,主要有如下原因:测控装置或控制回路未上电;直流屏合闸电源未合或一次开关处合闸保险未给上;测控装置未接通;装置远方/就地切换开关在就地位置;装置未采到远方/就地切换开关位置;断路器位置不能在后台机上正确显示;控制回路接线不正确。按最终完整一次系统图纸做好监控一次系统图,详细核对开关、刀闸编号,PT 和 CT 变比,将模拟量、脉冲量系数设置正确。系统图、网络图、棒图、实时报表、历史报表等图表应按要求进行设计、组态,做到完整准确。

(3) 打印功能的调试。要求打印机设置正确,打印图形、报表完整美观,大小合适,符合运行管理要求。

(4) 声音报警功能。对断路器、刀闸等开关量加声音报警功能;对保护动作信息加声音报警功能。与智能直流屏、智能电度表、GPS、五防等装置的通讯应正确。

(5) 远动功能的调试。以国内目前应用较多的部颁 CDT 规约 DL451-91 为例说明调试过程及注意事项。投运远动首先要和调度端协调以下技术内容:通道为模拟方式或数字方式,通讯方式为同步或异步,准确的通讯速率,如通道为模拟方式,调制解调器中心频率,调度端站址和本站站址,帧功能码,调度端遥控序号为 10 进制或 16 进制,遥测量数量、顺序及名称,频率数据采用格式,遥信量数量、顺序及名称,遥控量数量、顺序及名称,电度量数量、顺序及名称,向调度端提供遥测、遥信、遥控、遥脉信息表。以上各项协调内容应与调度端完全一致,否则数据传送有误,严重时就不能进行通讯。在调试过程中,对变电站上行信息和下行信息分别进行调试。上行信息包括调度端反映遥信量应正确,SOE 量、遥信变位能正确捕捉,模拟量反映正确,电度量正确。下行信息有调度端遥控断路器、刀闸正确,遥调主变档位正确,需要调度端校时,校时正确。关于远动通道、报文调试的方法,远动调试时用串口调试软件来看远动报文。对于数字通道,直接将笔记本 232 口插在远动通讯口,可直接观察到数据报

文。对于模拟通道,查看远动信号是否上送,可采用以下方法:用交流电压表测量应在 $0.4\sim 1.3\text{V}$ 之间,最好在 $0.7\text{V}$ 左右;用数字频率表测量时,频率表后几位应在MODEM中心频率范围内不断变化;用示波器观察波形时,应有两个清晰的波形,稳定住一个波形,另一个则在不断变化。若波形静止不动,只是在不断发“1”或“0”,调度端将解调不出信息;用喇叭听信号,可听到清晰而有规律的嘈杂音。

1.3.9 调试的最后阶段是对整个系统进行以下完善工作

一是系统的防雷抗干扰处理。通讯线屏蔽层可靠接地,各通讯端口可靠保护,交流电源接地正确。二是屏上各标签框完整准确。任一元件应有明显标识:控制保护屏上压板、开关、指示灯及装置名称标签框,电度表屏上标签框,交流屏上开关标签框,直流屏上开关标签框,各屏后端子排按单位做标识,在计算机通讯线的插头上做标识标明用途。

1.3.10 投运前带负荷测相量

带上一定的负荷,测量保护、测控、计量、母差和故障录波等所有电流回路的极性,并且,还要测量各中性线的不平衡电流、电压,画出电流、电压的向量图进行分析,确保保护装置和二次回路接线的正确后才能投运。

## 2 关于综合自动化系统的几点建议

### 2.1 综合自动化系统的选型及定货问题

目前,综合自动化系统的生产厂家很多,不同厂家的产品接入监控系统时都要进行规约转换或者接口转换。这不仅会造成综合自动化系统运行不可靠,同时还会造成许多应具有的功能不能实现。所以,在综合自动化系统的选型及定货问题上,一个变电站最好选用同一个厂家的产品,比如说:南瑞的保护、测控装置和RCS9700系统,南自的保护、测控装置和PS6000系统,这样做的好处在于:同一个厂家的产品的通信规约是一样的,无须增加转换环节,厂家在售后服务上也不会产生互相推诿的现象。

### 2.2 后台监控软件的备份问题

后台监控机无论使用质量多好的后台计算机,都有可能损坏,所以在变电站新投产时,都应该对后台监控软件进行备份,而且这种备份工作应随变电站设备的变更及时更新。虽然有些厂家备份了某些变电站的后台监控系统软件,但是厂家毕竟是面向全国市场,其备份不太完善、可靠,因此,还是建议继电保护管理部门做好各站后台监控软件的备份工作,并妥善保管,以防不测。后台监控软件的

备份可以保存在移动硬盘或者光盘上。

## 3 变电站综合自动化系统发展前景的几点展望

### 3.1 遥视系统的完善

遥视系统在综合自动化变电站内已广泛使用,它将变电站内采用摄像机拍摄的视频图像远距离传输到调度中心或集控站,使主站的运行,管理人员可以借此对变电站电气设备的运行环境进行监控,以保证无人值班变电站的安全运行。遥视系统的视频图像监视在本质上还属于图像获取系统,将计算机视觉技术运用到图像信息的分析与理解中,可以实现变电站系统图像信息的智能处理。计算机视觉技术在变电站领域已成功应用的例子有指针式仪表表示值的自动检定、移动物体的自动识别报警和跟踪运行人员的操作过程。随着与计算机视觉相关的一些技术的不断发展应用,其在变电站领域显示出了良好的应用前景。

### 3.2 蓝牙技术的应用

蓝牙技术是一种无线数据与语音通信开放性全球规范,它是一种以低成本的近距离无线连接为基础、为固定与移动设备通信环境建立一个特别连接的短程无线电技术,解决了以太网用于变电站自动化布线难的问题。该技术具有小功率、微型化、低成本以及与网络时代相适应的特点。蓝牙技术是一项发展中的技术,其应用正处于起步阶段,但蓝牙技术标准统一、知识产权共享的优势是非常明显的,其未来的发展不可限量。可以预见,变电站内许多设备间采用无线方式通信在不久的将来就可以实现。

### 3.3 系统结构的转变

变电站综合自动化系统的结构将从集中控制、功能分散逐步向分散型网络发展。传统的系统结构是按功能分散考虑的,发展趋势将从一个功能模块管理多个电气单元或间隔单元向一个模块管理一个电气单元或间隔单元、地理位置高度分散的方向发展。这样,自动化系统故障时对电网可能造成的影响大大地减小了,自动化设备的独立性、适应性更强。

光电互感器的应用将改变监控系统的结构。它采用光纤传送信号,无铁心,不存在磁饱和和铁磁谐振问题,频率响应范围宽、容量大、抗电磁干扰能力强,所以测量单元与微机保护单元互感器可共用,简化了二次设备,这样可以将测量单元与保护单元融合在一起,实现一个模块管理一个电气单元

(下转第139页 continued on page 139)

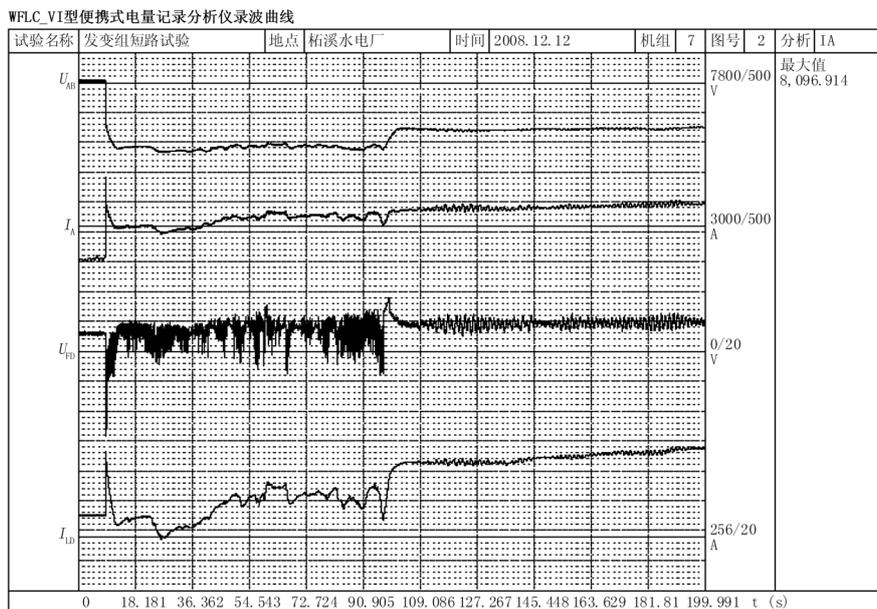


图 4 614 断路器第三次冲击试验录波图

Fig. 4 The third impulse test of 614 circuit-breaker

### 3 结论

本次试验表明:① 采用自并励磁方式的机组可以并列向线路提供融冰电流, 为电网稳定运行提供保障。② 有条件的电网, 可以依托水电厂提供融冰电流, 节省电网部门用于线路融冰的投资。

#### 参考文献

[1] 竺士章. 发电机励磁系统试验[M]. 北京: 中国电力出版

社, 2005.

[2] 电力系统继电保护原理[M]. 北京: 中国电力出版社, 2004.

收稿日期: 2009-02-24; 修回日期: 2009-04-09

作者简介:

熊尚峰(1977-), 男, 大学本科, 工程师, 长期从事电气自动专业工作。E-mail: xiongshangfeng@heptri.hn.sgcc.com.cn

(上接第 121 页 continued from page 121)

或间隔单元, 为变电站综合自动化系统结构实现分散式提供了技术支持。

### 4 总结

本文介绍了综合自动化系统的概况; 以实际变电站为例, 总结了新变电站调试过程中需注意的问题; 就综合自动化系统日常便于维护提了几点建议; 结合光电互感器、遥视系统和蓝牙等技术的发展应用, 探讨了变电站综合自动化系统的发展方向。

#### 参考文献

- [1] 福建省电力有限公司变电站综合自动化系统检验规程(2008 试行)[Z].
- [2] 防止电力生产重大事故及二十五项重点要求福建省电力系统继电保护实施细则文[Z].
- [3] 继电保护及安全自动装置反事故技术措施要点[Z].

[4] 国家电网生技[2005]400 号, 国家电网公司十八项电网重大反事故措施[S].

[5] GB14285-2006, 继电保护和安全自动装置技术规程[S].

[6] DL/T995-2006, 继电保护和电网安全自动装置检验规程[S].

[7] GB7261-2000, 继电保护和安全自动装置技术规程[S].

[8] 《〈继电保护和安全自动装置现场工作保安规定〉福建省电网继电保护实施细则》调继(2005)82 号[Z].

[9] DL/T5149-2001, 220-500 kV 变电所计算机监控系统设计规程[S].

[10] DL/T630-1997, 交流采样远动终端技术条件[S].

[11] DB/T3950-1999, 自动准同期装置[S].

收稿日期: 2009-02-22; 修回日期: 2009-05-17

作者简介:

方汀(1983-), 女, 工程师, 主要从事电力系统供电、继电保护及其自动化等领域的研究和管理。E-mail: fjiangkuan@163.com