

# 智能变电站二次设备系统级调试方法探讨

姜振超, 刘明忠

(四川电力科学研究院, 四川 成都 610072)

**摘要:**按照国网公司的智能电网建设战略规划,目前智能变电站已进入全面建设阶段。智能变电站二次设备与组网方式同传统变电站存在明显差异,其设备间的联系更加紧密,设备间的互操作性是系统调试的重点,探索完善、高效的系统级调试方法是智能变电站能否顺利投产的关键。在总结智能变电站二次设备系统级调试工作经验的基础上,探讨智能变电站系统级调试方法,并对系统级调试过程中的关键问题进行探讨,提出了建议及解决方案,对今后智能变电站系统级调试工作具有一定的借鉴意义。

**关键词:**智能变电站; 系统级调试; 互操作性

**Abstract:** According to the strategic planning of State Grid Corporation of smart grid construction, the construction of smart substations has been carried into execution completely. There are significant differences between smart substation and the traditional substation in secondary equipment and networking, the devices of smart substation are more closely linked and their interoperability is the focus of the system commissioning. Therefore, studying the perfect and efficient system-level commissioning method is the key whether the smart substation can be put into operation successfully. On the basis of summing up the experiences of system-level commissioning of secondary equipment in smart substation, the methods of system-level commissioning in smart substation are discussed as well as the key issues in the process of system-level commissioning, and the suggestions and solutions are also proposed, which can be available for reference in system-level commissioning of smart substation in the future.

**Key words:** smart substation; system-level commissioning; interoperability

中图分类号: TM63 文献标志码: A 文章编号: 1003-6954(2012)02-0001-03

## 0 引言

按照国家电网公司智能电网战略规划,2011—2015年为智能电网全面建设阶段。智能变电站以全站信息数字化、通信平台网络化、信息共享标准化为基本要求,自动完成信息采集、测量、控制、保护、计量和监测等基本功能,并可根据需要支持电网实时自动控制、智能调节、在线分析决策、协同等高级功能的变电站<sup>[1]</sup>。智能变电站二次系统由合并单元、智能终端、保护装置、测控装置、网络报文分析装置、故障录波装置、在线监测装置、交换机及其他智能电子设备(intelligent electronic device, IED)、过程层网络、站控层网络等构成<sup>[2]</sup>。

截至2011年年底,四川省电力公司新建智能变电站2座,已建数字化变电站3座(含改造站)。其中220 kV变电站2座,110 kV变电站3座。对于智能变电站的系统调试,目前还处于探索阶段。在调试

过程中发现各二次设备生产厂家对于IEC 61850标准的理解上存在差异,导致不同厂家生产的IED设备虽然通过了一致性测试,但在构成系统时不同厂家IED设备存在互操作性问题<sup>[2-5]</sup>,因此研究智能变电站的系统级调试技术和方法十分必要。在总结智能变电站系统级调试工作经验的基础上,研究智能变电站系统级调试方法,对今后的智能变电站系统调试工作有一定的参考价值。

## 1 智能变电站二次系统调试流程

智能变电站二次系统调试对象种类多、系统构成复杂,要实现全面高效、零缺陷的变电站启动投运需要对二次系统的调试工作实现全过程调试。目前智能变电站二次系统调试的主要工作流程分为以下几个阶段<sup>[1]</sup>: ①出厂验收与联调; ②单体调试; ③分系统调试; ④系统调试; ⑤带负荷试验。图1描述了目前智能变电站二次系统调试的主要工作流程,虚线框

内包含内容为现场调试部分。

经过多个智能变电站的现场调试工作,认为目前的智能变电站调试应加大集成测试与联调的深度和广度,在调试工期上应适当增加,在集成测试与联调阶段尽可能发现互操作和运行要求方面的问题,及时进行更正,满足相关标准、规范和运行的要求。因此,建议智能变电站二次系统调试主要工作流程应如图2所示。其中,出厂验收应对产品的工艺及制造过程进行验收,监督其满足相关标准、规程和订货合同的要求;集成测试与联调属于系统级测试的内容,应在除设备生产厂家的第三方进行,包含单体调试、一致性测试、互操作性测试、网络性能测试等等,此项内容为智能变电站调试工作的重点和关键;现场进行的分系统调试、系统调试是在二次系统设备及接线安装完毕后进行的功能性测试,较目前的智能站相关的测试内容要简单的多,很多互操作性测试已在集成测试与联调项目中完成。

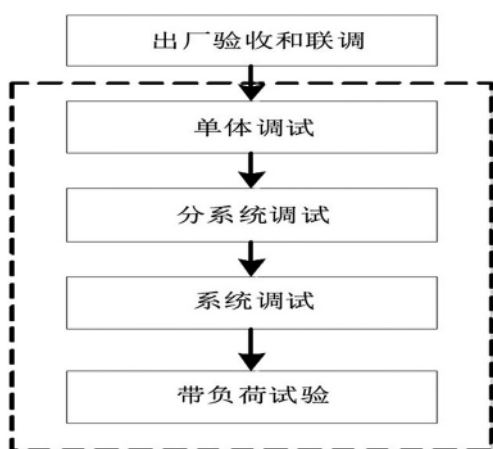


图1 目前智能变电站二次系统调试主要工作流程

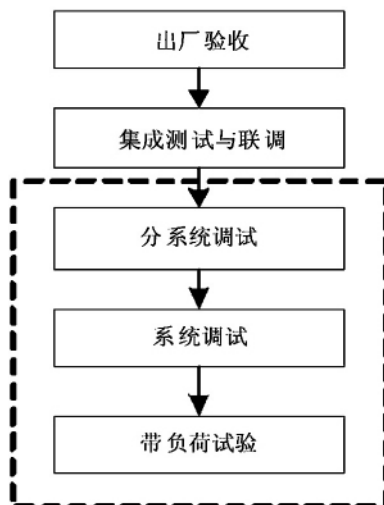


图2 智能变电站二次系统调试建议主要工作流程

## 2 智能变电站二次设备系统级测试

### 2.1 测试平台

智能变电站二次设备系统级测试工作应在第三方机构进行,该机构应具有智能变电站一致性测试和互操作性测试平台,可模拟具体工程变电站一次系统状况和“两网(站控层网、过程层网)”网络结构环境<sup>[6-7]</sup>,具有相关测试设备和测试方法,可进行满足标准、规程、运行要求的相关测试。

### 2.2 被测试设备

参与系统级测试的设备应满足入网条件要求,中标设备已按照工程要求(根据SCD文件等)进行了配置,应包含相应工程调试范围内所有二次设备。

### 2.3 测试内容及方法

#### 2.3.1 一致性测试

一致性测试是验证 IED 通信接口与标准要求的一致性。它验证通信链路上数据流与有关标准的一致性,如访问组织、帧格式、位顺序、时间同步、定时、信号形式和电平,以及对错误的处理等。一致性测试是互操作性测试的基础,可提高协议之间能够互操作的概率。图3为一致性测试评估过程图<sup>[9]</sup>。

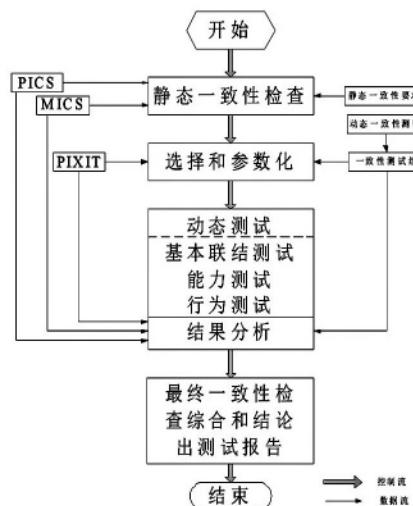


图3 一致性测试评估过程图

其中,PICS,也被称为PICS示范,是被测系统能力的总结;PIXIT,包括系统特定信息,涉及被测系统的容量;MICS,详细说明由系统或设备支持的标准数据对象模型元素。

一致性测试是互操作性测试的前提和基础,只有各厂家的设备均通过了一致性测试,装置模型已按相关标

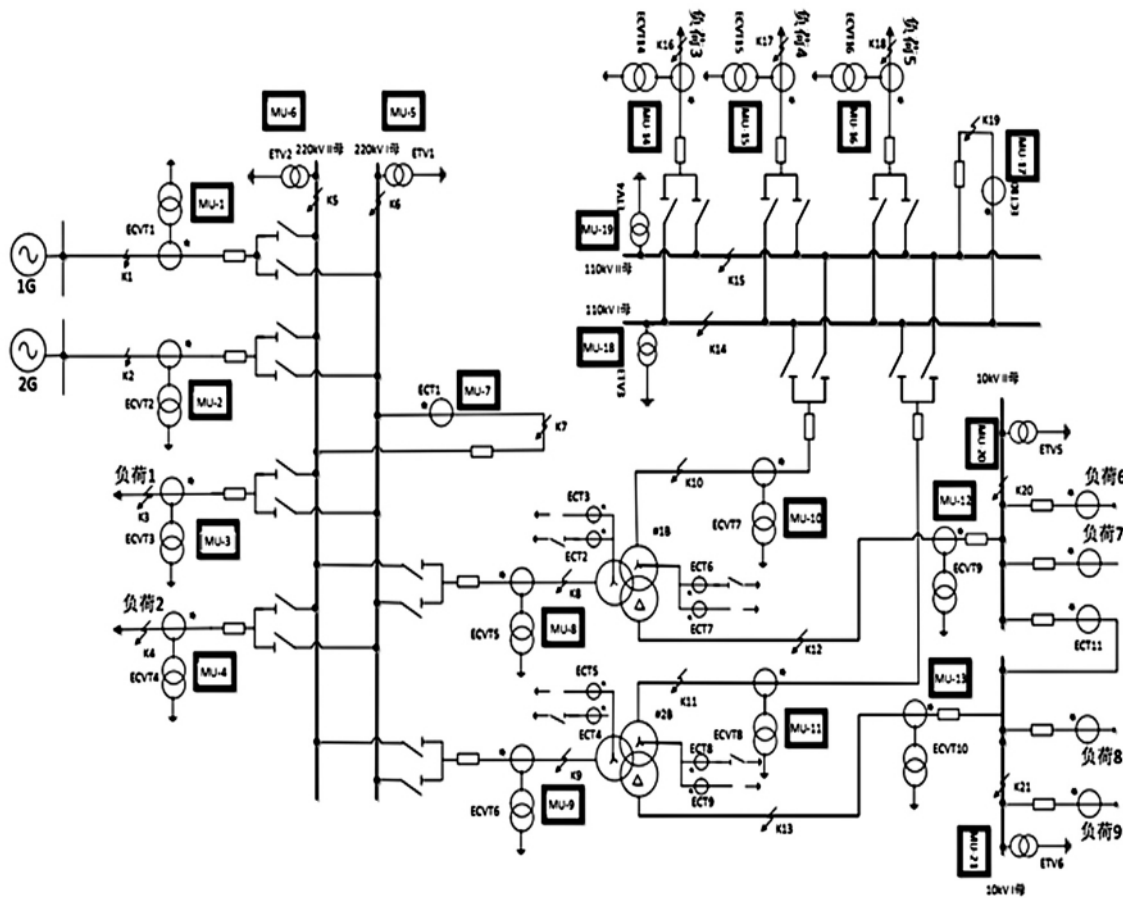


图4 220 kV 智能变电站 RTDS 试验仿真系统示意图

准或规程进行了标准化才能为互操作性测试扫清道路。

### 2.3.2 互操作性试验系统

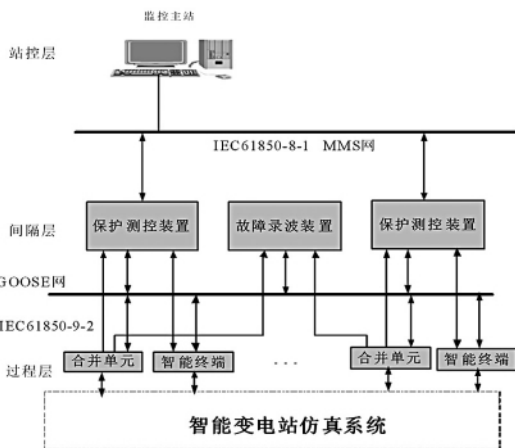


图5 220kV 智能变电站试验系统网络结构图(单网)

为了对智能变电站二次系统设备的互操作性及满足相关标准、运行要求的能力进行验证,需要搭建智能变电站二次系统测试平台<sup>[8]</sup>。该平台包括 RTDS 仿真系统、模拟信号接口、数字信号接口、电子式互感器模拟装置及相关测试设备等。图4是一个

220 kV 智能变电站 RTDS 试验仿真系统示意图。该 220 kV 试验系统具有 3 个电压等级: 220 kV、110 kV 和 10 kV。220 kV、110 kV 采用双母线接线, 10 kV 采用单母线分段接线。图4中给出了电子式互感器配置、合并单元配置、仿真系统设置故障点示意图。

图5是220 kV 智能变电站试验系统网络结构示意图,这里只给出了单网(MMS网、GOOSE网)结构图。智能变电站仿真系统(RTDS)与合并单元、智能终端通过模拟信号接口、数字信号接口、电子式互感器模拟装置相连实现闭环测试。

### 2.3.3 系统级测试试验目的

系统级测试的主要试验目的如下。

(1) 合并单元、智能终端、保护装置、测控装置、故障录波器(报文分析装置)性能及基于 IEC 61850 标准的互操作能力。

(2) GOOSE 跳闸机制的可靠性,考核保护装置、智能操作箱实现 GOOSE 跳合闸方式的性能。

(3) 模拟合并单元采样报文异常考核对保护装

(下转第8页)

- [5] 吴卫民. 110 kV 数字化变电站二次系统检验规范的研究[J]. 华东电力 2009, 37(7): 1185 - 1188.
- [6] 梅德冬, 黄国方, 孙军陵. 智能变电站二次设备自动检测系统设计[J]. 低压电器 2011(4): 43 - 46.
- [7] 河南省电力公司洛阳供电公司. 智能变电站仿真测试系统[DB]. 中国科技成果数据库 2011.

作者简介:

王彪(1985) 男, 工程师, 主要从事电力系统分析与仿真计算工作;

甄威(1956) 男, 教授级高级工程师, 主要从事电力系统仿真、继电保护技术研究工作;

张华(1985) 男, 工程师, 主要从事电力系统分析与仿真计算工作;

黄琦(1976) 男, 博士, 教授, 博士生导师, 从事电力系统广域测量与控制、智能电网等方面研究工作;

井实(1980) 男, 博士研究生, 从事电力系统广域测量与控制、智能变电站保护技术等方面研究工作;

胡凤凯(1987) 男, 硕士研究生, 从事电力系统广域测量与控制研究工作;

吴杰(1986) 男, 硕士研究生, 从事检测技术与自动化装置研究工作。

(收稿日期: 2012 - 02 - 21)

=====

(上接第3页)

置、测控装置的影响及检查故障录波(报文分析装置)的录波性能(报文分析、查找故障的能力)。

(4) 光纤链路、过程层网络异常工况对保护装置的影响。

(5) 智能变电站相关标准、规程、反措执行情况及实施效果。

### 2.3.4 系统级测试试验内容

(1) 模拟量回路联调试验, 正常运行工况下合并单元、保护装置、测控装置、故障录波装置(网络报文分析装置)示值正确性检查, 对于级联合并器或跨间隔保护需检查其同步性能, 对于电压合并器需要检查其并列及切换功能。

(2) 开关量联调试验, 检查智能终端示值及响应性能、间隔层设备(保护、测控等)与智能终端的互操作性检查。

(3) 间隔层设备联调试验, 主要为间隔层设备间闭锁、启动失灵等信号互通性检查。

(4) 监控系统联调试验, 监控系统与间隔层设备间的信号互通性检查。

(5) 远动通信系统检查及操作试验。

## 3 结 语

智能变电站二次设备系统级测试是保证变电站顺利投产的重要环节, 也是检验变电站所使用的电气设备功能及性能是否满足设计和运行要求的关键试验, 是检查变电站全站二次设备互操作性的重要手段。试验结果可作为设备投产依据, 也为将来变电站运行维护提供参考资料。只有应用科学的测试方法,

建立完善严格的测试流程, 利用完备的监控和测试手段, 才能通过系统级测试对智能变电站系统的有效性、可靠性、适用性、经济性进行合理评估, 为智能变电站的推广和现场运行维护提供良好的技术支撑。

### 参考文献

- [1] 姜振超, 刘明忠. 智能变电站二次系统调试技术研究[J]. 电网技术 2011, 35(1): 12 - 17.
- [2] 高翔, 张沛超. 数字化变电站的主要特征和关键技术[J]. 电网技术 2006, 30(23): 67 - 71, 87.
- [3] 龚晓波, 胡敏强, 吴在军, 等. 数字化变电站通信网络性能仿真分析[J]. 电网技术 2008, 32(17): 98 - 104.
- [4] 辛耀中, 王永福, 任雁铭. 中国 IEC 61850 研发及互操作试验情况综述[J]. 电力系统自动化 2007, 31(12): 1 - 6.
- [5] 操丰梅, 任雁铭, 王照, 等. 变电站自动化系统互操作实验建议[J]. 电力系统自动化 2005, 29(3): 86 - 89.
- [6] 邱智勇, 陈建民, 朱炳权. 基于 IEC 61850 标准的 500 kV 三层结构数字化变电站建设[J]. 电力系统自动化, 2009, 33(12): 103 - 107.
- [7] 李兰欣, 苗培青, 王俊芳. 基于 IEC 61850 的数字化变电站系统解决方案的研究[J]. 电网技术 2006, 30(S2): 321 - 324.
- [8] 周春霞, 詹荣荣, 姜建宁, 等. 500 kV 数字化变电站动模试验研究[J]. 电网技术 2010, 34(6): 193 - 197.
- [9] 崔厚坤, 汤效军, 梁志成, 等. IEC 61850 一致性测试研究[J]. 电力系统自动化 2006, 30(8): 80 - 83.

作者简介:

姜振超(1981) 男, 硕士研究生, 工程师, 从事继电保护试验、控制保护新技术研究工作;

刘明忠(1964) 男, 大学本科, 高级工程师, 从事继电保护试验、控制保护新技术研究工作。

(收稿日期: 2012 - 02 - 15)