

智能变电站实用技术问答丛书

智能变电站

试验与调试

石 光 主 编
赵 勇 韩 伟 副主编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

智能变电站实用技术问答丛书

智能变电站

试验与调试

石 光 主 编
赵 勇 韩 伟 副主编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书以问答形式对智能变电站试验与调试过程中各环节的方法流程、技术要求、管理要点以及常见问题处理方法等进行了阐述。全书共 5 章, 具体内容包括智能变电站基础知识、智能变电站出厂试验、智能变电站现场调试及检验、智能变电站系统级测试技术, 最后还介绍了已经颁布的智能变电站相关标准及规范的关于调试试验的相关内容。

本书适合从事智能变电站调试、试验工作的技术人员学习和培训使用, 同时也可供新入职人员了解相关知识时学习参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

智能变电站试验与调试 / 石光主编. —北京: 中国电力出版社, 2015.3

(智能变电站实用技术问答丛书)

ISBN 978-7-5123-6625-1

I. ①智… II. ①石… III. ①变电所—试验—问题解答
IV. ①TM63-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 233931 号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

航远印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2015 年 3 月第一版 2015 年 3 月北京第一次印刷

710 毫米×980 毫米 16 开本 22 印张 275 千字

印数 0001—2000 册 定价 56.00 元

敬 告 读 者

本书封底贴有防伪标签, 刮开涂层可查询真伪
本书如有印装质量问题, 我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究

编写人员名单

主 编 石 光

副 主 编 赵 勇 韩 伟

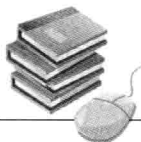
参编人员 刘 磊 赵 军 吴春红 孔圣立

 杨海晶 赵文沛 李 雷 马伟东

 关延伟 罗海冰 马建胜 魏文秀

 孙 亮 时 晨 张 峰 乔利红

 蔡得雨 李 斌 王 懿



前 言

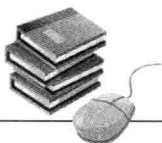
智能变电站是智能电网的重要组成部分，随着智能变电站技术的逐渐成熟，智能变电站的建设和变电站智能化改造正在迅速普及。然而对于直接参与变电站调试和试验的基层调试人员来说，智能变电站还是新兴技术，对智能变电站的试验、调试工作各环节的流程和方法还不甚了解。为了方便试验、调试人员了解智能变电站相关知识，掌握智能变电站试验与调试的技术要点，由石光、赵勇、韩伟等几位长期从事智能变电站试验与调试工作的同志结合现行相关规程规范以及现场技术实践编写此书，供读者参考。

本书共 5 章，从智能变电站基础知识、智能变电站的出厂试验，智能变电站的现场调试及试验、智能变电站的系统级测试等关键环节入手，对试验、调试人员急需了解的 320 多个问题进行了详细阐述，涉及智能变电站试验、调试过程各环节的方法流程、技术要求、管理要点以及常见问题处理方法等各方面内容。本书第 1、4 章由石光编写；第 2 章由韩伟、刘磊、吴春红、孔圣立、魏文秀编写；第 3 章由赵勇编写；第 5 章由赵军、杨海晶、赵文沛、马伟东编写；时晨、李雷、关延伟、罗海冰、马建胜、张峰负责全书统稿及插图绘制工作；乔利红、蔡得雨、李斌、孙亮、王懿负责全书校对工作。

由于编写时间仓促，书中难免有疏漏和不足之处，恳请各位读者批评指正。

作 者

2014.12



目 录

前言

第 1 章 智能变电站基础知识	1
第 1 节 智能变电站由来	1
1. 什么是智能电网?	1
2. 智能变电站是怎样提出的? 它与数字化变电站的区别是什么?	2
3. 智能变电站的定义是什么?	3
4. 智能变电站有什么特点? 与普通变电站相比, 其优越性 体现在哪里?	3
第 2 节 智能变电站体系结构	6
1. 什么是智能变电站的分层分布式结构?	6
2. 什么是 IEC 61850 规约? 与之相应的国家标准是什么?	7
3. 什么是智能变电站配置文件? 什么是 SCL?	8
4. 根据变电站体系结构, SCL 语言描述了几种对象模型?	9
5. 什么是 XML 语言?	9
6. 智能变电站的网络配置文件有几种? 各有什么作用?	9
7. 智能变电站技术导则主要规定了哪些内容?	10
第 3 节 智能变电站网络	11
1. 什么是光纤以太网通信?	11
2. 什么是交换机? 它的作用是什么?	11
3. 智能变电站的网络如何分类? 各有什么特点?	12
4. 智能变电站智能设备的信息采集方式有几种? 有什么区别?	12

5. 现有智能变电站的组网模式有几种？分别是什么？各有什么优缺点？	12
6. 什么是站控层网络？	14
7. 什么是过程层网络？	16
8. 什么是通信协议，智能变电站所用到的通信协议主要有几种？	16
9. 智能变电站的光缆敷设应满足哪些要求？	16
第 4 节 站控层	17
1. 智能变电站站控层设备有哪些？它有哪些作用？	17
2. 智能变电站后台监控机有哪些功能？	17
3. 什么是智能变电站的一体化监控系统？	18
4. 数据服务器有哪些功能？	18
5. 变电站对时方式有哪几种？它们的精度大致在什么范围？	20
6. 智能变电站时间同步系统是什么样的结构体系？	21
7. 智能变电站远动设备与常规变电站有什么不同？	22
8. 什么是智能变电站的五防系统？它与常规变电站的五防系统 有什么不同？	22
9. 智能变电站的五防系统包含哪些方面？在其管理上 应注意哪些问题？	24
第 5 节 间隔层	25
1. 智能变电站间隔层设备有哪些？	25
2. 继电保护装置有什么特点？与常规综合自动化变电站的 继电保护装置有什么异同？	25
3. 智能变电站中的数字化继电保护装置应满足哪些技术要求？	27
4. 智能变电站测控装置与常规变电站有何不同？	29
5. 智能变电站电能质量测量装置、相量测量装置 PMU 有什么新特点？	30

6. 电子式互感器对智能变电站电能质量测量装置、行波测距装置 有什么影响？	31
7. 智能变电站的电表有什么特点？	32
8. 智能变电站二次设备的信息采集方式有几种？有什么区别？	32
9. 什么是智能变电站的智能电子设备 IED？主要包括哪些设备？	33
10. 数字化母线保护装置的逻辑压板设置与常规母线保护装置 有什么区别？	33
11. 数字化母线保护装置压板操作时应该注意哪些问题？	35
12. 智能变电站继电保护双重化应满足哪些要求？	36
13. 智能变电站中继电保护装置采用双 A/D 采样是什么意思？ 为什么要采用双 A/D 采样？	37
第 6 节 过程层	37
1. 智能变电站过程层设备有哪些？	37
2. 电子式互感器有哪几种？	37
3. 电子式互感器有什么特点？	39
4. 电容分压式电子电压互感器与常规电压互感器有什么不同？ 有什么优点？	40
5. 光学电流互感器与常规电磁型电流互感器有什么不同？ 有什么优缺点？	42
6. 罗氏线圈电子式电流互感器与常规电磁型电流互感器有什么不同？ 有什么优缺点？	45
7. 为什么说新型的电子式电流互感器的测量精度不受 负载大小的影响？	48
8. 什么是合并单元？它起到什么作用？	49
9. 什么是 FT3 通信协议？	50

10. 什么是扩展 FT3 通信协议?	51
11. 什么是智能变电站的同步采样?	53
12. 什么是绝对时标?	53
13. 什么是时标同步? 什么是插值重采样同步? 各有什么优缺点?	53
14. 什么是直采? 什么是网采? 各自的应用范围是什么?	54
15. 智能变电站的合并单元应满足哪些技术要求?	54
16. 智能变电站的合并单元应如何配置?	55
17. 合并单元级联带来哪些问题?	56
18. 什么是智能终端? 有什么主要功能?	56
19. 什么是变压器智能终端? 变压器智能终端有哪些功能?	57
20. 智能开关的智能终端的特点是什么?	58
21. 什么是一次设备智能化? 一次设备智能化有什么意义?	58
22. 智能变电站的智能终端装置应满足哪些技术要求?	59
23. 智能变电站的智能终端装置应如何配置?	60
第 7 节 高级应用功能及辅助系统	60
1. 什么是高级应用软件系统? 智能变电站的高级应用软件系统 由哪些功能模块构成? 高级应用软件系统有什么特点?	60
2. 一键式顺序控制是怎样实现的? 哪些因素影响顺序 控制的成功率?	62
3. 智能告警是怎样实现的? 哪些因素影响智能告警的准确性?	63
4. 什么是智能变电站的辅助控制系统? 辅助控制系统 由哪些设备组成? 起到什么作用?	63
第 2 章 智能变电站出厂试验	64
第 1 节 一致性测试及互操作测试	64
1. 智能变电站调试的总体流程由哪些环节组成? 包含哪些内容?	64

2. 性能测试及系统联调的必要性体现在哪里？	65
3. 性能测试及系统联调包含哪些项目？	65
4. 什么是一致性测试？	66
5. 配置文件检查、测试的依据是什么？	66
6. 什么是互操作性？为什么需要进行互操作测试？	66
7. 互操作测试的主要内容是什么？	67
8. 请讲述一下智能变电站的 ICD、SCD、CID 文件的定义 及之间的关系。	67
9. SCD 文件的文档结构是怎样的？	68
10. 检查配置文件的工具有哪些？	69
11. SCD 文件应进行哪些检验？	70
12. SCD 文件能否图形化方式查看？	71
第 2 节 IEC 61850 报文分析	72
1. 什么是 SV？	72
2. 目前常用的有哪几种采样值协议？	72
3. SV 的格式是什么？	73
4. 怎样看采样值报文 SV？	76
5. IEC 61850-9-1 与 IEC 61850-9-2 报文的区别有哪些？	78
6. IEC 61850-9-2LE 采样值报文的采样频率、ASDU 是怎么规定的？	79
7. 什么是 GOOSE 报文？GOOSE 报文的格式是什么？ GOOSE 报文的传输机制是什么？	79
8. 查看报文的通用网络抓包软件有哪些？	81
9. 怎样使用 Wireshark 软件？	82
10. 怎样使用 Ethereal 软件？	84
11. 怎样使用 ZHNPA 软件？	86

12. 什么是网络报文分析仪？它在智能变电站的作用是什么？	91
13. 怎样用网络报文分析仪对 IEC 61850-9-2、GOOSE、IEEE 1588 对时报文的原始报文格式记录、分析？	92
14. 网络报文记录的通用文件格式是什么？	94
15. 网络报文分析仪与网络万用表有什么区别？	94
16. 如何进行网络报文记录仪记录透明性检测？	95
17. 怎么进行网络报文记录仪接口性能检测？	95
18. 怎么进行网络报文记录仪实时监视、分析统计功能测试？	96
第 3 节 网络测试	97
1. 网络测试目的及重点是什么？	97
2. 怎样估算网络流量？	97
3. 如何进行网络流量压力对 PTP 授时系统影响测试？	98
4. 智能变电站对工业以太网交换机有哪些要求？	98
5. 交换机基本测试检查项目有哪些？	99
6. 交换机功能手段有哪些？怎样测试？	99
7. 单机调试中交换机应检查哪些项目？	102
8. 智能变电站工业以太网交换机如何进行吞吐量测试？	104
9. 智能变电站工业以太网交换机如何进行优先级队列测试？	105
10. 智能变电站工业以太网交换机如何进行转发率测试？	107
11. 怎样对网络流量进行监视？	108
12. 智能变电站 SV 网络的结构和运行机制是什么？	113
13. 对于智能变电站线路间隔过程层 SV 网络故障应 如何诊断处理？	115
14. 什么是 VLAN 划分？VLAN 的划分原则是什么？	122
15. 怎样测试 VLAN 划分？	122

16. 以太网光电转换器在智能变电站调试中的作用是什么？	123
17. 采用 SNT3000 智能变电站网络测试仪如何做合并单元网络 环境影响试验？	124
18. 如何进行交换机网络风暴抑制功能测试？	125
19. 如何进行智能变电站过程层网络系统压力测试？	126
20. 站控层如何做网络压力测试？	126
21. 站控层网性能测试的项目和要求有哪些？	127
22. 什么是系统联调？系统联调与出厂测试有什么关系？ 系统联调的意义是什么？	127
23. 系统联调的主要内容是什么？	128
24. 合并单元出厂测试的主要项目是什么？	131
25. 合并单元出厂测试的主要步骤是什么？	131
26. 合并单元测试的设备有哪些？	132
27. 什么是绝对延时时间？什么是额定延时时间？	132
28. 什么是复合误差？复合误差与比差、角差的关系是怎样的？	133
29. 怎样做合并单元级联测试？	134
30. 具有模拟量采集功能的合并单元怎样测试？	134
31. 智能终端网络性能测试的目的是什么？如何进行测试？	135
32. 如何进行智能终端的 GOOSE 端口的独立性检查？	138
33. 继电保护装置 GOOSE 压力测试目的是什么？如何进行测试？	139
34. 网络系统 GOOSE 压力测试的目的和方法是什么？	140
35. 智能变电站工厂验收应具备哪些条件？	141
36. 怎样组织智能变电站工厂验收？	141
37. 智能变电站工厂验收的原则是什么？	142
38. 智能变电站工厂验收的主要项目是什么？	142

第 3 章 智能变电站现场调试及检验	147
第 1 节 现场调试准备	147
1. 智能变电站调试的总体流程是怎样的？	147
2. 开始现场调试需要具备哪些条件？	148
3. 智能变电站继电保护定期检验的基本原则是什么？ 检验周期如何确定？	148
4. 怎样确保智能变电站继电保护设备检验的安全进行？	150
5. 智能变电站保护定期检验流程是什么？	151
6. 对数字化继电保护测试仪主要有哪些技术要求？	155
第 2 节 光纤测试	156
1. 什么是单模光纤？什么是多模光纤？	156
2. 光纤接口适配器主要有几种？	157
3. 光纤通道测试项目有哪些？	158
4. 智能设备如何监测过程层网络通信通道的完好性？	158
5. 什么是光源？什么是红光源？	160
6. 光功率计的作用是什么？	161
7. 怎样进行光功率及裕度测试？	161
8. 光衰减器的作用是什么？	162
第 3 节 配置文件、系统组态	162
1. 配置文件现场检查项目有哪些？	162
2. 智能变电站系统组态过程是什么？	163
3. 什么是设计虚端子图？	163
4. 智能变电站的通信配置文件检查包含哪些内容？	164
5. SCD 文件制作过程分哪几部分？	165
6. 举例说明怎样配置站内通信网络。	166

7. 怎样检查和测试二次设备厂家的配置文件？	169
第 4 节 过程层设备测试	171
1. 对电子式互感器主要测试哪些指标？	171
2. 为什么对电子式互感器或合并单元单独测试比较困难？	174
3. 怎样进行电子式互感器极性检查？	174
4. 模拟量输入合并单元的主要指标有哪些？	175
5. 怎样对电子式电流互感器测试？	175
6. 如何现场测试小信号输出电子式互感器？	176
7. 合并单元的现场测试包含哪些内容？	178
8. 怎样进行合并单元的配置文件检查？	178
9. 电子式电压互感器与光学互感器如何现场测试？	178
10. 一体化电子式互感器（电流、电压）如何现场测试？	179
11. 怎样对模拟量输入的合并单元进行综合测试？	179
12. 采用电子式电压互感器的智能变电站电压“切换”及“并列” 是如何实现的？它与常规变电站相比有什么优点？	182
13. 怎样进行合并单元的时间性能测试？	188
14. 采样值报文一致性检验包括哪些内容？	189
15. 怎样进行模拟量输入合并单元、智能终端的绝缘检验？	189
16. 怎样进行合并单元、智能终端的检查？	189
17. 怎样做合并单元、智能终端的配置文件检查？	190
18. 怎样进行合并单元、智能终端的光纤链路检查？	191
19. 怎样进行合并单元的 GOOSE 开入/开出检查？	191
20. 怎样对模拟量输入的合并单元进行稳态采样值特性检验？	192
21. 怎样对模拟量输入的合并单元进行稳态同步精度检验？	193
22. 怎样对模拟量输入的合并单元进行时间性能测试？	194

23. 怎样对模拟量输入的合并单元进行通道延时检验？	194
24. 怎样进行合并单元的电压切换功能检查？	195
25. 怎样进行合并单元的电压并列功能检查？	196
26. 怎样进行合并单元的检修压板功能检查？	197
27. 怎样做合并单元、智能终端异常告警功能检验？	197
28. 合并单元怎样与其他设备进行联调试验？	198
29. 测量合并单元的暂态同步特性的重要性是什么？如何测试？	198
30. 智能变电站中的“断路器重合闸闭锁”是怎么实现的？ 与常规变电站有什么不同？	200
31. 智能变电站中的断路器失灵保护与常规变电站的有什么不同？	202
32. 怎样对智能终端测试？	205
33. 双重化的第二套智能终端应注意什么问题？	206
34. 怎样进行智能终端的 GOOSE 开入/开出检查？	206
35. 怎样进行智能终端的关联配置检查及动作延时测试？	207
36. 怎样进行智能终端的 SOE 精度检验？	208
37. 怎样进行变压器/电抗器非电量保护检验？	208
38. 怎样进行智能终端的断路器本体功能检验？	209
39. 怎样进行智能终端与其他设备的联调试验？	209
40. 双重化智能终端的某变电站就地手分开关，为什么会报出 事故总信号？	210
41. 就地手合/手跳不经智能终端会有什么问题？	210
42. 断路器防跳试验应注意什么问题？	211
43. 某智能站断路器正确合、跳 1 次后就不能再合上是什么原因？	211
44. 智能一体化开关柜的测试项目有哪些？	212
45. 在线监测设备需满足哪些功能要求？	212

46. 怎样进行在线监测智能组件测试及在线监测系统测试？	213
第 5 节 间隔层测试	214
1. 智能变电站保护检验还需要做绝缘测试吗？怎样测试？	214
2. 数据链路中断怎样查找原因？	214
3. 智能保护装置外观及接线检查项目有哪些？	215
4. 数字化的继电保护测试仪与常规微机测试仪有什么区别？	215
5. 测试 IED 设备前对测试仪器怎样配置？	217
6. 智能保护装置通电初步检验项目有哪些？	218
7. 怎样做智能保护装置检验前的配置文件检查？	218
8. 怎样做智能保护装置检验前的光纤链路检查？	219
9. 怎样做智能线路保护装置检验中的 GOOSE 开入/开出回路检验？	220
10. 怎样做智能变压器保护装置检验中的 GOOSE 开入/开出 回路检验？	221
11. 怎样做智能母线保护装置检验中的 GOOSE 开入/开出 回路检验？	222
12. 怎样做智能断路器保护装置检验中的 GOOSE 开入/开出 回路检验？	223
13. 保护检验时信号传动无效的一般处理方法有哪些？	224
14. 怎样做智能保护采样值特性检验？	224
15. 保护检验时报采样错误怎么处理？	226
16. 保护检验时采样偏差大怎么处理？	227
17. 怎样做智能线路保护定值及逻辑功能检验？	227
18. 怎样做智能线路保护的整组传动试验？	229
19. 怎样做智能线路保护通道联调试验？	232
20. 怎样做智能母线保护定值及逻辑功能检验？	233