

智能变电站实用技术问答丛书

# 智能变电站

## 运行与维护

宋庭会 主编



中国电力出版社  
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

C13030707

智能变电站实用技术问答丛书

TM63

56



# 智能变电站 运行与维护

宋庭会 主编

TM63

56



北航

C1638651



中国电力出版社  
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

## 内 容 提 要

本书以问答的形式阐述智能变电站运维人员急需认识和了解的关于生产实际中的技术问题。全书共三章，内容包括：第一章智能变电站基础知识，从智能变电站与常规变电站的区别等方面设置 21 个题目；第二章智能变电站生产准备及验收，主要针对智能变电站生产准备及验收工作相关的 29 个问题进行阐述；第三章智能变电站的运行维护操作及异常处理，主要介绍智能变电站运行维护操作及故障异常处理的相关内容，共 31 个问题，举例说明了智能变电站站控层、间隔层、过程层设备的故障及异常处理。

本书适合电网企业智能变电站运维人员在日常工作中学习参考，也可作为国家电网公司三集五大之后运维人员的培训用书。

## 图书在版编目 (CIP) 数据

智能变电站运行与维护 / 宋庭会主编. —北京: 中国电力出版社, 2013.3

(智能变电站实用技术问答丛书)

ISBN 978-7-5123-4116-6

I. ①智… II. ①宋… III. ①变电所—电力系统运行—维护—问题解答 IV. ①TM63-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 041021 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>)

北京市同江印刷厂印刷

各地新华书店经售

\*

2013 年 3 月第一版 2013 年 3 月北京第一次印刷

710 毫米×980 毫米 16 开本 10.25 印张 127 千字

印数 0001—3000 册 定价 28.00 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 宋庭会

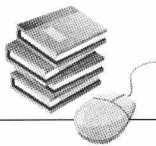
副 主 编 封晓东

参编人员 (按姓氏笔画排名)

李 丰 张 红 吴亚民 胥俊岩

秦艳萍 高广玲 梁 震 龚湘成

黄朝阳 程悦贤



## 前 言

当前国家电网公司正在大力推动智能电网建设。作为智能电网建设发展的重要环节,智能变电站建设和变电站的智能化改造正如火如荼地进行,今后现有的变电站都将逐渐被智能变电站所替代。智能变电站作为一种新兴的电网控制、测量、保护技术,相当多的变电站运维人员对智能变电站的验收、运行、维护、操作等还缺乏必要的了解和认识。为了方便变电站运维人员了解智能变电站相关知识,掌握智能变电站验收、运行、维护、操作的关键环节及工作要点,宋庭会、封晓东、李丰等几位专业从事智能变电站运维工作的专家根据从业人员的需求,结合工作管理经验编著。

本书共三章,主要针对智能变电站运维人员急需认识和了解的 80 多个技术问题而阐述。其中第一章主要讲述了智能变电站特点及优势、智能变电站与常规变电站的区别、智能变电站主要智能设备的功能作用、智能变电站高级应用功能系统、智能变电站一体化监控系统、智能变电站的顺序控制操作、智能变电站电子式互感器、智能变电站的体系结构等智能变电站相关知识;第二章主要针对智能变电站生产准备及验收工作相关的 29 个问题进行阐述,介绍了智能变电站主要智能设备(或系统)的配置要求和验收项目、智能变电站高级应用功能系统的验收调试及工作注意事项、智能变电站五防系统验收方法及注意事项、设备状态可视化系统验收方法及注意事项等相关内容;第三章主要介绍智能变电站运维操作及故障异常处理的相关内容,共 31 个问题,着重介绍了智能变电站主要智能设备巡视调试操作项目方法及注意事项、智能变电站远程巡视的项目及方法、智能变

电站设备状态可视化系统（在线监测系统）的运维项目、智能变电站网络故障的判断处理方法等相关内容。

衷心希望本书能对读者了解智能变电站相关技术，做好智能变电站的验收、维护、操作工作起到帮助。由于水平有限，疏漏和不足之处在所难免，欢迎读者批评指正，作者不胜感激。

作 者

2013 年 2 月



# 目 录

## 前言

<b>第一章 智能变电站基础知识</b> .....	1
1. 什么是智能电网? .....	1
2. 智能电网有哪些特征? .....	1
3. 智能变电站有什么特点? 与普通的综合自动化变电站 有什么区别? .....	2
4. 智能变电站中的智能电子设备 IED (Intelligent Electronic Device) 指哪些设备? .....	4
5. 智能变电站的体系结构中, 过程层设备、间隔层设备和站 控层设备是指哪些设备? .....	4
6. 智能变电站中, 合并单元有什么作用? .....	5
7. 智能变电站中, 智能终端装置有什么功能? .....	6
8. 智能变电站的高级应用功能系统由哪些模块构成, 有什么特点? .....	6
9. 什么是智能变电站顺序控制操作, 有哪些优点? .....	8
10. 什么是智能变电站的一体化监控(五防)系统? 智能变电站的五防有哪些防误功能? .....	9
11. 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, 有什么作用? .....	10
12. 智能变电站与常规综合自动化变电站的继电保护装置 有什么异同? .....	10
13. 智能变电站与常规综合自动化变电站 的测控装置有什么异同? .....	12

14. 电容分压电子式电压互感器与电容分压电磁型电压互感器有什么不同？各自有什么优缺点？ .....	13
15. 光学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？ .....	16
16. 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？ .....	18
17. 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？ .....	20
18. 智能变电站的网络配置文件有几种？各有什么作用？ .....	22
19. 智能变电站的网络如何分类，有什么特点？ .....	23
20. 智能变电站智能设备的信息采集方式有几种？有什么区别？ .....	23
21. 现有智能变电站的组网模式有几种？有什么优缺点？ .....	24
<b>第二章 智能变电站生产准备及验收 .....</b>	<b>27</b>
1. 智能变电站的智能终端装置应如何配置？ .....	27
2. 智能变电站的合并单元应如何配置？ .....	27
3. 智能变电站继电保护双重化应满足哪些要求？ .....	28
4. 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？ .....	29
5. 智能变电站的合并单元应满足哪些技术要求？ .....	31
6. 智能变电站的智能终端装置应满足哪些技术要求？ .....	32
7. 智能变电站敷设的光缆应满足哪些要求？ .....	33
8. 为了便于智能变电站运行操作，继电保护装置应向变电站监控系统上传哪些信息？ .....	33
9. 智能变电站的生产准备工作与常规综合自动化变电站相比有什么不同？ .....	34
10. 什么是智能变电站的过程层网络数据流图？绘制智能变电站的网络数据流图有什么意义？网络数据流图中	



应显示哪些信息？ .....	35
11. 如何绘制智能变电站过程层网络数据流图？ .....	37
12. 智能变电站五防系统应如何验收？应注意哪些问题？ .....	38
13. 如图 2-2 所示为某智能变电站的一次主接线图，以母线 接地开关为例，简述如何编制智能变电站间隔层五防逻辑 的验收方案？ .....	39
14. 如何编制智能变电站的顺序控制操作票？应注意哪些问题？ .....	41
15. 什么是智能变电站的智能告警及决策分析系统？ 其策略文件应包含哪些信息？ .....	43
16. 如何制定智能变电站的智能告警及分析决策系统策略？ 编制时应注意哪些问题？ .....	45
17. 如何对 220kV 及以下智能变电站监控系统进行功能验收？ .....	46
18. 智能变电站的光缆有哪些验收项目？ .....	48
19. 智能变电站在线监测传感器应满足哪些要求？ .....	49
20. 智能变电站智能巡视系统应具备哪些功能？ .....	51
21. 如何对智能变电站智能巡视机器人的相关设备进行验收？ .....	51
22. 智能变电站电子式互感器应验收检查哪些项目？ .....	53
23. 智能变电站的智能控制柜（汇控柜）及柜内设备的 验收检查项目有哪些？应满足哪些要求？ .....	55
24. 智能变电站继电保护（测控）屏柜及柜内设施应 进行哪些验收？ .....	59
25. 变压器局部放电在线监测系统应验收哪些项目？ .....	63
26. 变压器铁芯接地电流在线监测有什么意义？ 铁芯接地电流在线监测应进行哪些项目的验收？ .....	64
27. 常见变压器油色谱在线监测系统主要监测变压器油的 哪些参数？有什么意义？应如何验收？ .....	65

28. 常见 SF <sub>6</sub> 断路器在线监测系统主要监测哪些参数？ 有哪些验收项目？ .....	67
29. 常见氧化锌避雷器在线监测系统主要监测哪些参数？ 有什么意义？应如何进行验收？ .....	69
<b>第三章 智能变电站的运行维护操作及异常处理</b> .....	<b>71</b>
1. 智能变电站的间隔层五防与常规变电站的间隔电气 联锁有什么异同？ .....	71
2. 如图 3-3 所示为某 220kV 智能变电站一次系统主接线图， 简述其出线间隔、主变压器间隔、TV 间隔、母联间隔等 典型间隔的间隔层五防闭锁逻辑。 .....	73
3. 智能变电站的五防管理与常规变电站有什么不同？ .....	77
4. 数字化母线保护装置的压板设置与微机型母线保护装置 有什么区别？数字化母线保护装置压板操作时应该注意 哪些问题？ .....	78
5. 智能变电站的顺序控制操作有哪些应特别注意的问题？ .....	80
6. 智能变电站的保护装置（智能设备）操作与综合自动化 变电站保护装置操作有什么不同？应该注意什么？ .....	81
7. 顺序控制操作票应如何进行管理？ .....	83
8. 什么是一次设备智能化？一次设备智能化有什么意义？ .....	84
9. 什么是智能变电站远程巡视？如何处理远程巡视与现 场巡视的关系？ .....	84
10. 智能变电站设备状态可视化系统应如何进行日常巡视？ .....	85
11. 智能变电站的一体化监控系统应进行哪些日常巡视检查？ .....	86
12. 智能变电站的继电保护（测控）屏柜及柜内设施应进行 哪些项目的巡视？ .....	87
13. 智能变电站智能控制柜（汇控柜）及柜内设施应进行	

哪些日常巡视？ .....	90
14. 电子式互感器应进行哪些项目的巡视？ .....	93
15. 智能变电站中的光缆熔接应如何进行？ 有哪些技术要求和注意事项？ .....	94
16. 在智能变电站的设备检修检验时，应对合并单元进行 哪些检测？有什么技术要求？ .....	97
17. 在智能变电站的设备检修检验时，应对智能终端进行 哪些检测？有什么技术要求？ .....	99
18. 在智能变电站的设备检修检验时，对于数字化继电保护 装置应进行哪些特殊项目的检测？有什么技术要求？ .....	101
19. 在智能变电站检修检验时，应对数字化测控装置进行 哪些检验？有什么要求？ .....	104
20. 智能变电站线路间隔停运检修时，应采取哪些措施保证 其他运行设备的安全？与常规变电站有什么不同？ .....	106
21. 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？与常规变电站相比有什么优点？ .....	108
22. 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？ .....	113
23. 智能变电站中断路器失灵保护与常规的综合自动化 变电站有什么不同？ .....	115
24. 什么是智能变电站数字化继电保护装置的双 A/D 采样？ 为什么要采用双 A/D 采样？ .....	118
25. 智能变电站的合并单元、继电保护装置、测控装置等智能 设备如何监测电流、电压等 SV 采样数据的完好性？收到 异常数据时有哪些动作？ .....	119
26. 智能变电站的数字化测控装置、数字化继电保护装置、	

数字化计量装置等间隔层设备如何获得高压电力系统的 电流、电压采样？与常规变电站有什么不同？ .....	120
27. 智能变电站的数字化测控装置、数字化继电保护装置等 间隔层设备如何获得开入采样及开关量信息的交互？ 与常规变电站有什么不同？ .....	121
28. 智能设备如何监测过程层网络通信通道的完好性？ .....	125
29. 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，SV 网络故障可能会造成什么影响？ 应采取哪些措施保证设备的运行安全？ .....	126
30. 对于智能变电站过程层 GOOSE 网络故障应如何诊断 处理？可能会造成什么影响？应采取什么措施保障设 备的运行安全？ .....	136
31. 对于智能变电站站控层监控系统“遥控操作”故障 应如何排查处理？ .....	146
<b>参考文献</b> .....	<b>149</b>

## 智能变电站基础知识

### 1. 什么是智能电网？

答：智能电网是将先进的传感量测技术、信息通信技术、分析决策技术、自动控制技术和能源电力技术相结合，并与电网基础设施高度集成而形成的新型现代化电网。

### 2. 智能电网有哪些特征？

答：智能电网特征有：

(1) 坚强。在电网发生大扰动和故障时，仍能保持对用户的供电能力，而不发生大面积停电事故；在自然灾害、极端气候条件下或外力破坏下仍能保证电网的安全运行；具有确保电力信息安全的能力。

(2) 自愈。具有实时、在线和连续的安全评估和分析能力，强大的预警和预防控制能力，以及自动故障诊断、故障隔离和系统自我恢复的能力。

(3) 兼容。支持可再生能源的有序、合理接入，适应分布式电源和微电网的接入，能够实现与用户的交互和高效互动，满足用户多样化的电力需求并提供对用户的增值服务。

(4) 经济。支持电力市场运营和电力交易的有效开展，实现资源的优化配置，降低电网损耗，提高能源利用效率。

(5) 集成。实现电网信息的高度集成和共享，采用统一的平台和模型，实现标准化、规范化和精益化管理。

(6) 优化。优化资产的利用，降低投资成本和运行维护成本。

### 3. 智能变电站有什么特点？与普通的综合自动化变电站有什么区别？

答：智能变电站是在数字化变电站的基础之上发展而来的，智能变电站是智能电网的重要组成部分，是实现电网智能化和电网智能调度的重要环节。数字化、网络化、集成化、智能化是智能变电站的主要特点，也是智能变电站区别于普通的综合自动化变电站关键。

普通的综合自动化变电站一次设备的运行状态和健康状况主要靠运行人员通过现场巡视和后台监控人为判断。而智能变电站的一次设备配备了相对较多在线监测设备和设备运行环境监控设备，在线监测和运行环境监控设备共同组成了变电站设备状态可视化系统，设备状态可视化系统能够实时监测一次设备的运行状态和健康状况，并能在一次设备运行异常或健康状况恶化时发出预警信号，提醒运行人员及时处理。即智能变电站的一次设备能够实现自动监测和预警，大大减轻了变电站运行人员的工作量。

普通的综合自动化变电站二次设备是通过测量一次系统经过电流互感器和电压互感器转化后的低电压和小电流模拟量来感知一次设备的运行状态，判断一次设备的健康状况。当一次设备故障或异常时，发出报警信息或断开一次系统的电气回路隔离故障设备。为了实现这一目的，二次设备必须用控制电缆直接接入电流互感器和电压互感器的二次绕组，与电流互感器和电压互感器的二次绕组构成闭合回路。其测量精度不仅受电流互感器和电压互感器传变精度的影响，而且要受到控制电缆传输损耗、变电站电磁干扰等多种因素影响。在综合自动化变电站中，继电保护和自动装置普遍采用微机型继电保护装置，要实现一次设备的控制、保护、调节，必须利用变电站直流（或交流）电源系统提供的能量，通过控制电缆连接一次设备的控制操作元件或变电站的信号发生设备构成闭合回路，其效果不免要受到控制电缆传输损耗、变电站电磁干扰等多种因素影响。在智

能变电站中，二次设备主要采用数字化装置，一次设备的运行参数信息通过就地安装的智能设备转换成数字信息（或由互感器直接转化成数字信息），经光缆传送给远方的监察、测量、控制、保护、调节设备，不仅减小了电流电压的采样损耗，且解决了传统控制和测量模式引起的电磁干扰。

与综合自动化变电站相比，智能变电站的优势主要体现在以下几个方面：

（1）采用光纤作为继电保护自动装置测量电流电压的主通道，传输容量更大，解决了常规变电站中电流、电压精度受电流、电压互感器二次负载影响的问题，同时也使得采用功能强大的一次设备在线监测成为可能。采用光缆还彻底解决了常规变电站连接二次设备的控制电缆在强电场中的干扰问题。即使电流通道开路也不会出现微机人身安全的高电压，当然也不会出现电压回路二次短路的问题，运行更安全更可靠。

（2）采用电子式互感器，不仅精度更高，而且不存在磁饱和问题，无论是正常运行还是事故状态都能为继电保护自动装置提供真实反映一次设备运行状态的测量数据。

（3）智能变电站采用信息一体化平台，将五防系统、智能告警、后台监控、在线监测等全面集成，不仅节省了设备投资，而且便于各个子系统之间、各个变电站之间及变电站与调度之间的数据交换，便于实现站域及区域控制。

（4）智能变电站将断路器的操作回路、智能终端、在线监测等一、二次设备集成化，不仅节省了设备的占地面积，且使一、二次设备的信息交换通道长度大为缩短，一定程度上也避免了电场干扰对二次控制设备的影响。

（5）采用数字化继电保护装置，简化了继电保护装置结构，不仅减少了保护装置硬件故障的几率，提高了保护装置自身的运行可靠性，而且也

减少了振动对保护装置的影响。

**4. 智能变电站中的智能电子设备 IED (Intelligent Electronic Device) 指哪些设备?**

答: IED 是指包含一个或多个处理器, 可接收来自外部源的数据、向外部发送数据或进行控制的装置, 为具有一个或多个特定环境中特定逻辑接点行为且受制于其接口的装置。主要包括数字化继电保护装置、数字化测控装置、合并单元、数字化计量表计及在线监测智能组件等。

**5. 智能变电站的体系结构中, 过程层设备、间隔层设备和站控层设备是指哪些设备?**

答: 智能变电站是以网络通信技术为基础, 以数字化信息通信来实现变电站各主要设备、变电站与调度主站、变电站与监控中心主站等系统或设备之间信息交换的电力系统其体系机构分为过程层、间隔层和站控层三个层次。

过程层设备是指直接参与电力系统负荷传输、控制的设备及其附属设备, 包括变压器、断路器、隔离开关、电流/电压互感器等一次设备及其所属的智能组件以及独立的智能电子装置。

间隔层设备可实现使用一个间隔的数据并且作用于该间隔一次设备的功能, 即与各种远方输入/输出、传感器和控制器通信, 一般指继电保护装置、系统测控装置、监测功能组主 IED 等二次设备。

站控层设备主要是实现站域的信息采集、控制调节、监测监控等功能的设备, 包括自动化站级监视控制系统、站域控制、通信系统、对时系统等, 实现面向全站设备的监视、控制、告警及信息交互功能, 完成数据采集和监视控制 (SCADA)、操作闭锁以及同步相量采集、电能量采集、保护信息管理等相关功能。



## 6. 智能变电站中，合并单元有什么作用？

答：合并单元是对来自于二次转换器的电流或电压数据进行时间相干组合的物理单元。一台合并单元汇集或合并多个互感器的数据，取得电力系统电流和电压瞬时值，并以确定的数据品质传输到保护/测控装置。合并单元的作用主要有以下几个：

(1) 对于采用电子式互感器的智能变电站，合并单元（MU）能够对电子式电流互感器、电子式电压互感器通过采集器输出的数字量及其他合并单元输出的电压/电流数字量合并处理，供继电保护、计量装置、故障录波及测控装置使用。对于采用常规互感器的智能变电站，合并单元（MU）装置既可以将常规互感器的输出进行 A/D 转化和光电转换，也可以将其他数字输入的电压/电流量与其转换后的电流电压信息进行合并处理，供继电保护、计量装置、故障录波及测控装置使用。

(2) 合并单元（MU）具有规约转换功能，能够将电子式电流互感器、电子式电压互感器或其他合并单元送来的 FT3 通信规约数据转换成标准的 IEC 61850 规约，便于不同厂家的二次设备与其接口使用。

(3) 合并单元（MU）具有电压切换及并列功能，能够根据一次设备的运行方式，灵活切换或并列二次电压供给继电保护、计量装置、故障录波及测控装置使用。

(4) 合并单元（MU）具有数据扩展作用，能够将一组电流或一组电压数据扩展成多组输出，以供给不同的二次设备使用。

(5) 合并单元（MU）具有数据同步功能，能将不同相别、不同型号的电子式互感器及其他数字输出设备通过不同通道输入至合并单元的电流电压数字量，利用采样延时的调整来进行同步，保障二次设备采样的正确性。

(6) 合并单元（MU）具有通道监测功能，能够对收信通道的设备及其运行状态和数据完好性进行监测，并在出现异常时告警。