



电力实用技术丛书

智能变电站

实用知识问答

► 主 编 胡 刚
► 副主编 武振宇 宋庭会

电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>



电力实用技术丛书

智能变电站 实用知识问答

► 主 编 胡 刚
► 副主编 武振宇 宋庭会
► 参 编 王来军 黄朝阳 李 丰 孙 明
王玉学 李宏伟 吴亚民 张栋阳
于 跃 贾占岭

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内容简介

变电站是输/配电系统的重要组成部分。目前,变电站迫切需要简约化、智能化,实现信息共享,以减少投资,提高运行、维护效率。随着计算机应用技术和现代电子技术的飞速发展,变电站自动化系统正朝着智能变电站的方向发展。本书以问答的形式详细介绍了智能变电站的基础知识、生产验收、运行操作及维护,通俗易懂,针对性强,易于阅读。

本书适合变电站的管理与技术人员阅读,也可作为变电站岗位培训的教学用书。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

智能变电站实用知识问答 / 胡刚主编. —北京: 电子工业出版社, 2012.2
(电力实用技术丛书)

ISBN 978-7-121-15458-4

I. ①智… II. ①胡… III. ①变电所—智能技术 IV. ①TM63

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 259217 号

责任编辑: 张 剑 (zhang@phei.com.cn)

印 刷:

装 订: 北京中新伟业印刷有限公司

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 880×1230 1/32 印张: 3.25 字数: 81 千字

印 次: 2012 年 2 月第 1 次印刷

印 数: 6 000 册 定价: 18.00 元



凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。

丛 书 序

电力工业是关系国计民生的基础产业，是技术与资金密集型的高科技行业。改革开放以来，随着科学技术的发展和电力生产建设规模的不断扩大，电力系统正在朝着高电压、大容量、远距离输送、全国联网的高科技智能电网方向发展。

为了适应电力建设和智能电网迅速发展的需要，提高电力系统职工队伍的技术业务素质，并对从事变电所、供/配电电气运行的技术人员进行正规化、系统化的培训，特组织编写了电力实用技术丛书，主要阐述了电力系统通信、继电保护、电力变压器、电网无功补偿、线损管理与降损技术、电力系统自动化、调度运行、农电综合管理、配电网建设、智能变电站和农村电力电气等方面的内容，总结和分析了电力系统变电所、供/配电及用电等各个环节的电气运行情况、电气设备及安全管理知识。本丛书不仅是变电所、供/配电及用电单位的设计、施工、运行、维护和技术管理人员的必备用书，也可作为工矿企业供/配电工岗位培训、职业教育相关专业的教学用书。

希望电力实用技术丛书的出版，会对电力建设和智能电网的发展，提高电力系统职工队伍技术业务素质，起到积极的促进作用。

A handwritten signature in black ink, appearing to read '张先' (Zhang Xian), located at the bottom right of the page.

前言

变电站是输/配电系统的重要组成部分。作为输/配电系统的信息源和执行终端，要求变电站提供的信息量越来越多，其集成控制程度也越来越高。因此，目前的变电站迫切需要简约化、智能化，实现信息共享，以减少投资，提高运行、维护效率。随着计算机应用技术和现代电子技术的飞速发展，变电站自动化系统正朝着智能变电站的方向发展。

智能变电站指的是采用先进、可靠、集成、低碳、环保的智能设备，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、协同互动等高级功能，实现与相邻变电站、电网调度等互动的变电站。

本书共 3 章，以问答的形式对智能变电站的相关知识进行了介绍，通俗易懂，针对性强，易于阅读。

- 第 1 章 智能变电站基础知识
- 第 2 章 智能变电站生产验收
- 第 3 章 智能变电站运行操作及维护

本书由胡刚任主编，武振宇、宋庭会任副主编。参加本书编写的还有王来军、黄朝阳、李丰、孙明、王玉学、李宏伟、吴亚民、张栋阳、于跃和贾占岭。

因编写时间、编写水平有限，书中难免有纰漏和不足之处，恳请广大读者批评指正。

编 者

目 录

第 1 章 智能变电站基础知识	1
1. 什么是智能电网?	1
2. 智能电网有哪些特征?	1
3. 什么是智能变电站?	2
4. 智能变电站与数字化变电站有什么区别?	2
5. 智能变电站与常规变电站有什么区别?	3
6. 智能变电站中的 IED 是什么?	4
7. 现有的智能变电站(数字化变电站)网络结构模式有几种? 有什么优缺点?	5
8. 智能变电站中“三层三网”指的是什么?	7
9. 智能变电站中“直采直跳”指的是什么?	8
10. 现有智能变电站中高级应用功能一般有哪些? 有什么特点?	8
11. 数字化微机型继电保护与常规微机型继电保护有什么不同?	9
12. 电阻分压式电压互感器与常规电容式电压互感器有什么不同? 有什么优点?	11
13. 磁光玻璃光学电流互感器与电磁式电流互感器有什么不同? 有什么优缺点?	13
14. 罗氏线圈电流互感器是什么样的工作原理?	16
15. 目前用于智能变电站(数字化变电站)的电子式电流互感器有哪几种类型?	18
16. IEC 61850 通信规约是什么? 有什么特点?	18
17. 什么是通信规约? 现有智能变电站(数字化变电站)有几种通信规约? 分别运行于哪些地方?	20
18. 智能变电站的网络配置过程中 ICD、CID、SCD 文件指的是什么? 有什么用处?	21
19. 智能变电站中的智能终端装置有什么作用?	22
20. 智能变电站中的合并单元(MU)装置有什么作用?	23

21. 双母接线方式 DMU—813 电压合并单元的电压并列是如何实现的？它与常规的电压并列有什么不同点？	25
22. 在采用光学电流互感器的智能变电站中，采用“直采直跳”方式的继电保护装置是如何实现电流采样的？	27
23. 在采用电阻分压电子式电压互感器的智能变电站中，采用“直采直跳”方式的继电保护装置是如何实现电压采样的？	27
24. 在智能变电站中，继电保护装置是如何实现保护跳闸的？	28
25. 智能变电站中如何实现远动信息采集？	30
26. 智能变电站中如何实现对高压设备遥控操作？	32
27. 智能变电站中，主变压器电量保护和非电量保护跳闸的实现方式有什么不同？	32
28. “直采直跳”网络方式的智能变电站的 GOOSE 网有哪些作用？主要传送哪些信号？	34
29. “直采直跳”智能变电站的 SV 网有哪些作用？主要传送哪些信号？	36
30. 什么是智能变电站的交直流一体化电源系统？有哪些优点？	37
31. 智能变电站的“设备状态可视化”主要包括哪些内容？	38
32. 对 220kV 及以上智能变电站的过程层网络有什么要求？	39
33. 对 110kV 及以下智能变电站的过程层网络有什么要求？	40
34. 网络分析仪有哪些作用？	41

第 2 章 智能变电站生产验收

1. 智能变电站的验收包括哪些项目？	42
2. 智能变电站的过程层验收包括哪些项目？	42
3. 智能变电站生产验收时，智能终端装置应满足哪些要求？	42
4. 智能变电站生产验收时，合并单元应满足哪些要求？	44
5. 智能变电站生产验收时，智能检测组件应满足哪些要求？	45
6. 智能变电站的一次设备验收与常规变电站的一次设备验收有什么不同？	45
7. 智能变电站的电子式互感器有哪些验收项目？应满足哪些要求？	46
8. 智能变电站间隔层验收包括哪些项目？	49
9. 智能变电站间隔层需要移交的验收资料包括哪些？	49

10. 智能变电站技术验收有哪些项目? 有什么要求?	50
11. 智能变电站间隔层设备功能验收包括哪些项目? 有什么要求?	51
12. 智能变电站间隔层联调(间隔层与过程层之间联调)验收有哪些项目?	55
13. 智能变电站间隔层联调验收中, 测控功能调试验收包括哪些项目? 有什么要求?	55
14. 智能变电站间隔层联调验收中, 保护功能调试验收包括哪些项目? 有什么要求?	56
15. 智能变电站间隔层联调验收中, 计量功能调试验收包括哪些项目? 有什么要求?	57
16. 智能变电站间隔层联调验收中, 检测装置功能调试验收包括哪些项目? 有什么要求?	57
17. 智能变电站高级应用功能中的顺序控制应具备哪些功能?	58
18. 智能变电站如何根据生产运行要求定制智能报警与分析决策功能?	58

第3章 智能变电站运行操作及维护

1. 智能变电站顺控操作指的是什么样的运行操作?	60
2. 什么是智能变电站的一键顺控操作? 有哪些优点?	60
3. 智能变电站的顺控操作有哪些注意事项? 如何编写智能变电站一键顺控操作票?	61
4. 采用逻辑闭锁防止电气误操作的要求有哪些?	64
5. 智能变电站对五防系统有哪些要求?	65
6. 智能变电站的五防系统与常规站的五防有哪些不同点?	66
7. 智能变电站五防管理与常规变电站的五防管理有哪些不同之处?	67
8. 智能变电站运行巡视与常规变电站的巡视相比有什么特别之处?	67
9. 什么是智能变电站的智能报警? 有什么作用?	68
10. 智能变电站的在线监测与常规变电站的在线监测有什么不同?	69
11. 智能变电站的变压器色谱在线监测数据有哪些? 正常范围分别是多少?	70
12. 智能变电站间隔保护停运时, 继电保护操作有哪些注意事项?	70
13. 智能变电站中的数字化继电保护装置在哪些情况下应该全部退出运行?	71

14. 智能变电站中, 运行中的继电保护装置禁止进行哪些操作?	71
15. 智能变电站中的继电保护操作有哪些需要注意的问题?	72
16. 智能变电站中数字化继电保护装置巡视检查应检查哪些内容?	72
17. 智能变电站中智能终端装置巡视检查应检查哪些内容?	73
18. 智能变电站中合并单元(MU)装置巡视检查应检查哪些内容?	73
19. 智能变电站中一体化电源系统巡视检查应检查哪些内容?	74
20. 智能变电站的现场调试包括哪些内容?	74
21. 智能变电站现场调试应具备哪些技术文件?	75
22. 智能变电站在投运前调试工作组应向建设、运行单位移交资料 有哪些?	75
23. 智能变电站网络系统调试包括哪些项目?	76
24. 智能变电站的计算机监控系统调试包括哪些项目?	76
25. 智能变电站的继电保护系统调试包括哪些项目?	77
26. 智能变电站的远动通信系统调试包括哪些项目?	78
27. 智能变电站计量信息管理系统调试包括哪些项目?	79
28. 智能变电站的同步对时系统调试包括哪些项目?	80
29. 智能变电站的网络监视系统调试包括哪些项目?	80
30. 智能变电站的不间断电源系统调试包括哪些项目?	81
31. 智能变电站的采样值系统调试包括哪些项目?	81
32. 智能变电站数字化母线保护装置的 SV 采样故障如何定位?	82
33. 智能变电站数字化母线保护装置的“刀闸位置异常”故障如何 定位?	84
34. 智能变电站中智能终端装置故障造成什么影响?	87
35. 智能变电站中过程层 GOOSE A 网故障会影响设备的哪些功能?	88
36. 智能变电站中过程层 GOOSE B 网故障会影响设备的哪些功能?	90
37. 智能变电站“刀闸遥控失败”的原因有哪些? 如何查找?	90

第 章 智能变电站基础知识

1. 什么是智能电网？

智能电网（Smart Power Grids），就是电网的智能化，也被称为“电网 2.0”。它是建立在集成的高速双向通信网络基础上，通过先进的传感和测量技术、先进的设备技术、先进的控制方法及先进的决策支持系统技术的应用，实现电网的可靠、安全、经济、高效、环境友好和使用安全的目标。与现代电网相比，智能电网体现出电力流、信息流和业务流高度融合的显著特点。

2. 智能电网有哪些特征？

智能电网的特征如下所述。

（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. 什么是智能变电站？

智能变电站采用先进、可靠、集成、低碳、环保的智能设备，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、协同互动等高级功能，实现与相邻变电站、电网调度等互动的变电站。

4. 智能变电站与数字化变电站有什么区别？

智能变电站与数字化变电站有密不可分的联系。数字化变电站是智能变电站的前提和基础，是智能变电站的初级阶段，智能变电站是数字化变电站的发展和升级。智能变电站拥有数字化变电站的所有自动化功能和技术特征。智能变电站与数字化变电站的差别主要体现在以下两个方面。

(1) 数字化变电站主要从满足变电站自身的需求出发，实现站内一次、二次设备的数字化通信和控制，建立全站统一的数据通信平台，侧重于在统一通信平台的基础上提高变电站内设备与系统间的互

操作性。而智能变电站则从满足智能电网运行要求出发,比数字化变电站更加注重变电站之间、变电站与调度中心之间的信息的统一与功能的层次化。智能变电站需要建立全网统一的标准化信息平台,作为该平台的重要节点,提高其硬件与软件的标准化程度,以在全网范围内提高系统的整体运行水平为目标。

(2) 数字化变电站已经具有一定程度的设备集成和功能优化的概念,要求站内应用的所有智能电子装置(IED)满足统一的标准,拥有统一的接口,以实现互操作性。IED 分布安装于站内,其功能的整合以统一标准为纽带,利用网络通信来实现。数字化变电站在以太网通信的基础上,模糊了一次、二次设备的界限,实现了一次、二次设备的初步融合。而智能变电站设备集成化程度更高,可以实现一次、二次设备的一体化、智能化整合和集成。

5. 智能变电站与常规变电站有什么区别?

简单地说,智能变电站与普通变电站的区别是,智能变电站是以数字化为代表的,现有的智能变电站一般是以采用 IEC 61850 标准和数字化互感器为主要特征。智能变电站与常规变电站的区别主要体现在以下 5 点。

- 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,同时也使采用功能强大的一次设备在线监测成为可能。由于采用光纤,也彻底解决了常规变电站连接二次设备的二次电缆在强电场中穿越的干扰问题。
- 采用电子式或光学互感器。由于这些数字化互感器彻底摒弃

了传统互感器电磁感应的原理，不仅精度更高，而且不存在磁饱和问题，不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能够真实反映一次设备运行状态的测量数据。同时，由于采用光纤进行数字化传输，即使电流通道开路也就不会出现危及人身安全的高电压，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。

- 功能强大的一体化平台。智能变电站采用一体化平台技术，将五防系统、智能报警、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和自我调节。
- 设备集成化。智能变电站将断路器的操作回路、智能终端、在线监测等一次、二次设备集成化，不仅节省了设备的占地面积，而且使一次、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影响。
- 采用了数字化继电保护装置，简化了继电保护装置结构，大量省去保护装置内部的继电器，不仅减少了保护装置硬件故障的概率，提高了保护装置自身的运行可靠性，而且也减少了设备振动对保护装置的影响。

6. 智能变电站中的 IED 是什么？

IED 是英文 Intelligent Electronic Device（智能电子设备）的缩写，是指包含一个或多个处理器，可接收来自外部源的数据，或者向外部发送数据，或者进行控制的装置，如电子多功能仪表、数字保护、控制器等。IED 是具有一个或多个特定环境中特定逻辑节点且受

制于其接口的装置。

7. 现有的智能变电站（数字化变电站）网络结构模式有几种？有什么优缺点？

根据继电保护采样跳闸方式的不同，现有的智能变电站（数字化变电站）网络结构模式有两种，即“三网合一”网络采样跳闸模式和“直采直跳”采样跳闸模式。“三网合一”就是指把继电保护的交流采样 SV 网、开关量采集及跳闸 GOOSE 网、站控层网合为同一个网络，利用这个光纤网络实现测控装置信号采集、继电保护采样跳闸、计量采样等所有功能，其网络结构示意图如图 1-1 所示。

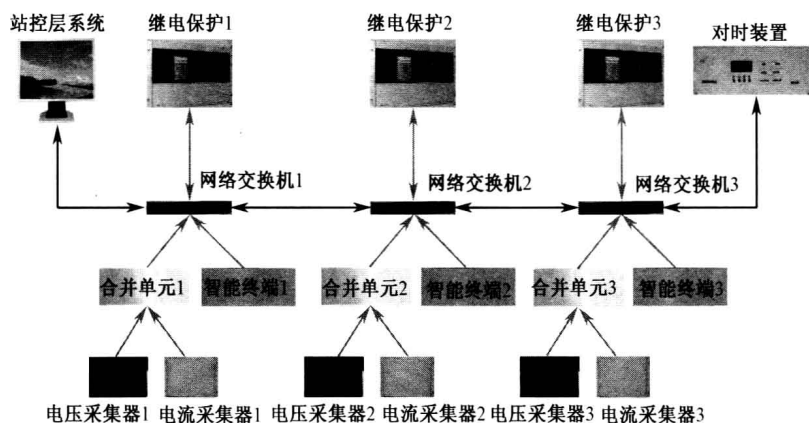


图 1-1 “三网合一”网络结构示意图

“直采直跳”采样跳闸模式是指测控装置信号采集、继电保护采样跳闸、计量采样等通过专用的网络实现独立于站控层网络，其网络结构示意图如图 1-2 和图 1-3 所示。

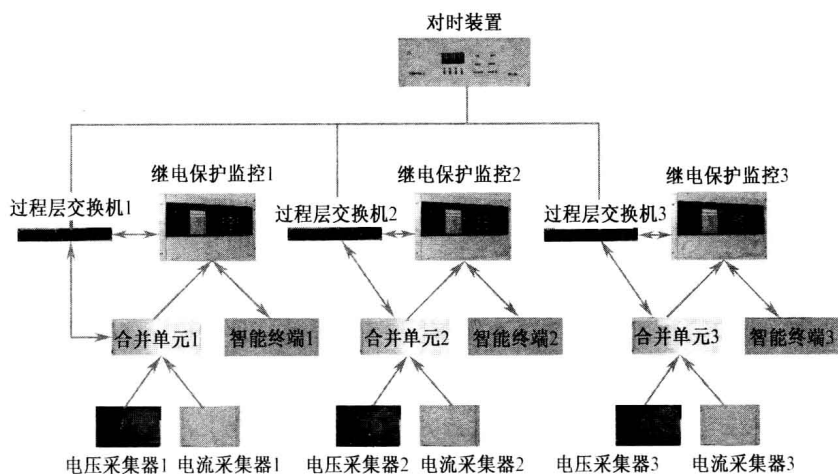


图 1-2 “直采直跳” 过程层网络结构示意图

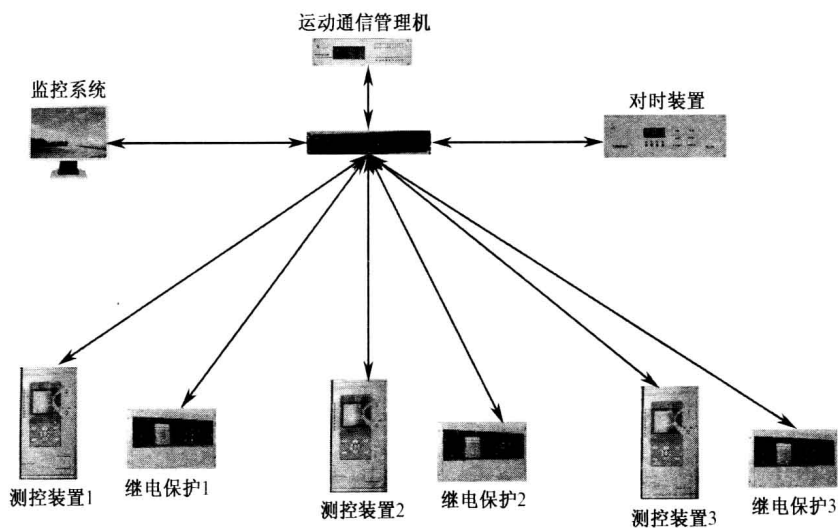


图 1-3 “直采直跳” 站控层网络结构示意图

由于采用不同的网络结构模式，其各自的优缺点见表 1-1。

表 1-1 “三网合一”方式与“直采直跳”方式的优缺点

	“三网合一”方式	“直采直跳”方式
光缆用量	较少	较大
对 GPS 对时依赖性	完全依赖	依赖性低
对网络交换机的依赖性	完全依赖	依赖性低
保护及自动装置的独立性	弱	强

8. 智能变电站中“三层三网”指的是什么？

智能变电站中“三层三网”是对智能变电站设备及网络架构的综合描述。

“三层”主要侧重于设备构成，即站控层、间隔层、过程层。间隔层设备包括继电保护装置、故障录波、测控装置、计量装置等；过程层设备包括变压器、断路器、隔离开关、电流互感器、电压互感器、电流/电压采集器、智能终端、合并单元及网络交换机等；站控层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、报警及信息交互功能，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。

“三网”主要侧重于网络结构，即站控层网络、间隔层网络、过程层网络。间隔层网络和过程层网络一样可以分为两类，即 GOOSE 网和 SV 网，其中 GOOSE 网主要传送一些开关量信息，而 SV 网主要传输电流/电压等测量信息。站控层网络主要传输站域及区域信息，如遥控、遥信、遥测、站域备自投及保护测控的报警信息；间隔层网络主要传输间隔内部的一些信息，如遥信、遥测及保护跳闸开出等；过

程层网络是各个间隔保护装置之间的信息传输通道。

9. 智能变电站中“直采直跳”指的是什么？

“直采直跳”是智能变电站（数字化变电站）的一种网络结构模式，有别于网络采集网络跳闸。“直采直跳”模式中，保护装置的电流、电压采集是从本间隔的电流互感器和电压互感器直接采集，保护跳闸也是通过本间隔的 GOOSE 跳闸网络即直跳网络直接出口不再通过网络交换机，因此“直采直跳”方式的变电站较网络采集网络跳闸方式有更强的独立性，完全不依赖于网络交换机，可靠性更高。

10. 现有智能变电站中高级应用功能一般有哪些？有什么特点？

智能变电站的高级应用功能是智能变电站区别与数字化变电站的重要特征，是智能变电站满足智能电网坚强、自愈、兼容、经济、集成、优化六大要求的主要措施。根据智能电网的六大要求，智能变电站的高级应用功能受负荷性质、电源情况、电网情况等因素的影响，各个变电站配置并不完全相同，一般情况下由顺控操作、智能报警、五防系统、站域控制（包括站域备自投、站域无功控制、小电流接地选线）、区域控制、网络监测、设备状态可视化等自由组合而成，可能有其中几种也可能全部都有。它的优点主要体现在以下 4 个方面。

- 集成化：智能变电站的所有高级应用功能全部集成在智能变电站的一体化平台中，降低了设备投资，减少了各个高级应用模块之间的通信环节，提高了运行效率和可靠性。
- 软件化：大部分高级应用功能只是一个运行于一体化平台服务器的系统软件，并不增加屏、柜等硬件设施，体现了经济性。