



国家电网
STATE GRID

国家电网公司

生产技能人员职业能力培训专用教材

变电运行(110kV及以下)

国家电网公司人力资源部 组编

GUOJIADIANWANGGONGSI
SHENGCHANJINENG RENYUAN
ZHIYENENGLI PEIXUN
ZHUANYONG JIAOCAI



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS



国家电网
STATE GRID

国家电网公司

生产技能人员职业能力培训专用教材

变电运行(110kV 及以下)

国家电网公司人力资源部 组编

陶苏东 主编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

《国家电网公司生产技能人员职业能力培训教材》是按照国家电网公司生产技能人员模块化培训课程体系的要求,依据《国家电网公司生产技能人员职业能力培训规范》(简称《培训规范》),结合生产实际编写而成。

本套教材作为《培训规范》的配套教材,共 72 册。本册为专用教材部分的《变电运行(110kV 及以下)》,全书共 7 个部分 43 章 109 个模块,主要内容包括数字化变电站,电气试验,基本技能,监视、巡视与维护,倒闸操作,异常处理,事故处理。

本书可作为供电企业变电运行(110kV 及以下)工作人员的培训教学用书,也可作为电力职业院校教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

变电运行. 110kV 及以下/国家电网公司人力资源部组编. —北京:中国电力出版社, 2010.12

国家电网公司生产技能人员职业能力培训专用教材

ISBN 978-7-5123-1067-4

I. ①变… II. ①国… III. ①变电所-电力系统运行-技术培训-教材 IV. ①TM63

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 217153 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

*

2010 年 12 月第一版 2012 年 2 月北京第四次印刷
880 毫米×1230 毫米 16 开本 29.875 印张 950 千字
印数 28001—38000 册 定价 49.00 元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签,加热后中心图案消失
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

《国家电网公司生产技能人员职业能力培训专用教材》

编 委 会

主 任	刘振亚					
副 主 任	郑宝森	陈月明	舒印彪	曹志安	栾 军	
	李汝革	潘晓军				
成 员	许世辉	王风雷	张启平	王相勤	孙吉昌	
	王益民	张智刚	王颖杰			

编写组组长	许世辉					
副 组 长	方国元	张辉明	潘敬东			
成 员	陶苏东	马文建	任小川	张喜旺	李慧斌	
	韩东泊	鞠宇平	倪 春	江振宇	李群雄	
	曹爱民	王向阳	逯怀东	赵艳玲		



国家电网公司
STATE GRID
CORPORATION OF CHINA

国家电网公司

生产技能人员职业能力培训专用教材

前 言

为大力实施“人才强企”战略，加快培养高素质技能人才队伍，国家电网公司按照“集团化运作、集约化发展、精益化管理、标准化建设”的工作要求，充分发挥集团化优势，组织公司系统一大批优秀管理、技术、技能和培训教学专家，历时两年多，按照统一标准，开发了覆盖电网企业输电、变电、配电、营销、调度等 34 个职业种类的生产技能人员系列培训教材，形成了国内首套面向供电企业一线生产人员的模块化培训教材体系。

本套培训教材以《国家电网公司生产技能人员职业能力培训规范》(Q/GDW 232—2008)为依据，在编写原则上，突出以岗位能力为核心；在内容定位上，遵循“知识够用、为技能服务”的原则，突出针对性和实用性，并涵盖了电力行业最新的政策、标准、规程、规定及新设备、新技术、新知识、新工艺；在写作方式上，做到深入浅出，避免烦琐的理论推导和验证；在编写模式上，采用模块化结构，便于灵活施教。

本套培训教材涵盖 34 个职业的通用教材和专用教材，共 72 个分册、5018 个模块，每个培训模块均配有详细的模块描述，对该模块的培训目标、内容、方式及考核要求进行了说明。其中：通用教材涵盖了供电企业多个职业种类共同使用的基础、专业基础、基本技能及职业素养等知识，包括《电工基础》、《电力安全生产及防护》等 38 个分册、1705 个模块，主要作为供电企业员工全面系统学习基础理论和基本技能的自学教材；专用教材涵盖了单一职业种类专用的所有专业知识和专业技能，按照供电企业生产模式分职业单独成册，每个职业分为 I、II、III 等 3 个级别，包括《变电检修》、《继电保护》等 34 个分册、3313 个模块，可以分别作为供电企业生产一线辅助作业人员、熟练作业人员和高级作业人员的岗位技能培训教材，也可作为电力职业院校的教学参考书。

本套培训教材的出版是贯彻落实国家人才队伍建设总体战略，充分发挥企业培养高技能人才主体作用的重要举措，是加快推进国家电网公司发展方式和电网发展方式转变的迫切要求，也是有效开展电网企业教育培训和人才培养工作的重要基础，必将对改进生产技能人员培训模式，推进培训工作由理论灌输向能力培养转型，提高培训的针对性和有效性，全面提升员工队伍素质，保证电网安全稳定运行、支撑和促进国家电网公司可持续发展起到积极的推动作用。

本套教材共 72 个分册，本册为专用教材部分的《变电运行（110kV 及以下）》。

本书中第一部分数字化变电站，由陕西省电力公司冯涛编写；第二部分电气试验，由陕西省电力公司曹轩、李满元编写，甘肃省电力公司杨华编写；第三部分基本技能，第五章～第七章由山东电力集团公司陶苏东编写，其中第五章模块 3 由四川省电力公司扬帆编写，第八章由山东电力集团公司马文建编写，第九章由宁夏电力公司杨慧丽编写，第十章由宁夏电力公司康文军编写；第四部分监视、巡视与维护，专用模块由重庆市电力公司任小川编写，共用模块由西北电网有限公司颜永强编写；第五部分倒闸操作，专用模块由山东电力集团公司韩东泊编写，共用模块由青海省电力公司柏爱民编写；第六部分异常处理，专用模块由辽宁省电力有限公司张喜旺编写，共用模块由河北省电力公司卢国华编写；第七部分事故处理，专用模块由福建省电力有限公司李慧斌编写，共用模块由黑龙江省电力有限公司郭会成编写。全书由山东电力集团公司陶苏东担任主编。江苏省电力公司曹莉担任主审，陈久兵、张诗义参审。

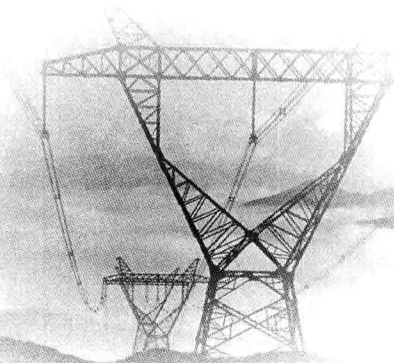
由于编写时间仓促，本套教材难免存在疏漏之处，恳请各位专家和读者提出宝贵意见，使之不断完善。



国家电网公司
STATE GRID
CORPORATION OF CHINA

国家电网公司

生产技能人员职业能力培训专用教材



目 录

前言

第一部分 数字化变电站

第一章 数字化变电站的概念与应用	3
模块 1 数字化变电站介绍 (GYBD00101001)	3
模块 2 数字化变电站的系统架构及技术特征 (GYBD00101002)	4
模块 3 数字化变电站的基本应用 (GYBD00101003)	7
第二章 数字化变电站的组成与实现	10
模块 1 IEC 61850 标准综述 (GYBD00102001)	10
模块 2 数字化变电站的通信网络 (GYBD00102002)	12
模块 3 电子式互感器基本原理及技术 (GYBD00102003)	14
模块 4 智能化电器设备 (GYBD00102004)	21
模块 5 数字化变电站的实现 (GYBD00102005)	27

第二部分 电 气 试 验

第三章 电气设备试验周期、标准及方法	35
模块 1 电气试验标准 (GYBD00701001)	35
模块 2 常规电气试验 (GYBD00701002)	37
模块 3 特殊电气试验 (GYBD00701003)	38
第四章 数据采集及分析	41
模块 1 电气设备在线监测 (GYBD00702001)	41
模块 2 相关电气试验数据分析 (GYBD00702002)	45

第三部分 基 本 技 能

第五章 常用仪器、仪表、安全工器具的使用及维护	53
模块 1 常用仪器、仪表使用 (GYBD00201001)	53
模块 2 安全工器具使用与维护 (GYBD00201002)	61
模块 3 红外热成像的测试与分析 (ZY1800303001)	72
第六章 继电保护配置和识读二次回路	77
模块 1 元件保护配置 (ZY0900101001)	77
模块 2 二次回路图识读方法 (ZY0900101002)	86
模块 3 备用电源自投入装置的应用 (ZY0900101003)	96
模块 4 变电站保护配置 (ZY0900101004)	100
模块 5 典型二次回路 (ZY0900101005)	102

模块 6 继电保护的 protection 特性 (ZY0900101006)	112
第七章 工作票、操作票执行	118
模块 1 操作票执行 (ZY0900102001)	118
模块 2 工作票执行 (ZY0900102002)	122
第八章 变电站接线方式及一次设备	134
模块 1 110kV 变电站接线方式 (ZY0900103001)	134
模块 2 110kV 变电站一次设备 (ZY0900103002)	137
第九章 生产管理系统及信息系统	155
模块 1 生产管理系统及信息系统的内容及填写 (ZY1100104001)	155
第十章 变电设备状态检修的基本知识	161
模块 1 变电设备的状态检修概述 (ZY1400401001)	161

第四部分 监视、巡视与维护

第十一章 运行工况监视	167
模块 1 运行工况正常监视 (ZY0900201001)	167
模块 2 运行工况分析判断 (ZY0900201002)	170
模块 3 自动化信息表分类与审核 (ZY0900201003)	173
第十二章 一次设备巡视	185
模块 1 一次设备正常巡视 (ZY0900202001)	185
模块 2 一次设备特殊巡视 (ZY0900202002)	194
模块 3 一次设备巡视分析 (ZY0900202003)	203
第十三章 二次设备巡视	209
模块 1 二次设备正常巡视 (ZY0900203001)	209
模块 2 二次设备特殊巡视 (ZY0900203002)	212
模块 3 二次设备巡视分析 (ZY0900203003)	214
第十四章 站用交、直流系统巡视与维护	219
模块 1 站用交、直流系统正常巡视 (ZY0900204001)	219
模块 2 站用交、直流系统特殊巡视 (ZY0900204002)	221
模块 3 站用交、直流系统巡视分析 (ZY0900204003)	224
第十五章 防误装置和辅助设施运行监视与维护	229
模块 1 辅助设施的巡视项目及要 求 (ZY0900205001)	229
模块 2 防误闭锁装置运行 (ZY0900205002)	234
模块 3 防误闭锁装置运行维护与管理 (ZY0900205003)	239
第十六章 变电站设备的定期试验与轮换及其分析	243
模块 1 变电站设备的定期试验与轮换 (GYBD00301001)	243
模块 2 变电站设备的定期试验与轮换分析 (GYBD00301002)	246

第五部分 倒 闸 操 作

第十七章 倒闸操作基础知识	255
模块 1 倒闸操作基本概念及操作原则 (GYBD00401001)	255
第十八章 高压开关类设备、线路停送电	259
模块 1 高压开关类设备及线路一般停送电 (ZY0900301001)	259

模块 2	高压开关类设备、线路特殊停送电及危险点源预控分析 (ZY0900301002)	264
第十九章	变压器停送电	269
模块 1	变压器一般停送电 (ZY0900302001)	269
模块 2	变压器复杂停送电 (ZY0900302002)	271
模块 3	变压器停送电的危险点源预控分析 (ZY0900302003)	276
第二十章	母线停送电	279
模块 1	母线一般停送电 (ZY0900303001)	279
模块 2	母线复杂停送电 (ZY0900303002)	282
模块 3	母线停送电的危险点源预控分析 (ZY0900303003)	285
第二十一章	电压互感器停送电	288
模块 1	电压互感器停送电操作 (ZY0900304001)	288
模块 2	电压互感器停送电危险点源预控分析 (ZY0900304002)	290
第二十二章	补偿装置停送电	293
模块 1	电容器、电抗器一般停送电 (GYBD00402001)	293
模块 2	电容器、电抗器操作异常分析处理及危险点源分析 (GYBD00402002)	294
第二十三章	站用交、直流系统停送电	296
模块 1	站用交、直流系统停送电操作 (ZY0900305001)	296
模块 2	站用交、直流系统操作的危险点源预控分析 (ZY0900305002)	298
第二十四章	复杂综合性操作	301
模块 1	大型复杂操作 (ZY0900306001)	301
模块 2	大型复杂操作的危险点源预控分析 (ZY0900306002)	305
第二十五章	二次设备操作	308
模块 1	一般二次设备操作 (ZY0900307001)	308
模块 2	复杂二次设备操作 (ZY0900307002)	310
模块 3	二次设备操作的危险点源预控分析 (ZY0900307003)	312
第二十六章	设备运行验收与投运	315
模块 1	设备验收项目及要求 (GYBD00403001)	315
模块 2	新设备投运与操作 (GYBD00403002)	325
模块 3	新设备投运方案编制与投运操作危险点源控制 (GYBD00403003)	328

第六部分 异常处理

第二十七章	变压器异常处理	333
模块 1	变压器一般常见异常 (ZY0900401001)	333
模块 2	变压器异常分析处理及危险点源预控 (ZY0900401002)	334
第二十八章	高压开关类设备异常处理	341
模块 1	高压开关类设备一般异常 (ZY0900402001)	341
模块 2	高压开关类设备异常分析处理及危险点源控制 (ZY0900402002)	342
第二十九章	母线异常处理	348
模块 1	母线设备一般异常 (ZY0900403001)	348
模块 2	母线设备异常分析处理及危险点源预控 (ZY0900403002)	349
第三十章	互感器异常处理	354
模块 1	互感器设备一般异常 (ZY0900404001)	354
模块 2	互感器设备异常分析处理及危险点源预控 (ZY0900404002)	355

第三十一章	防雷设备异常处理	360
模块 1	防雷设备一般异常 (ZY0900405001)	360
模块 2	防雷设备异常分析处理及危险点源预控 (ZY0900405002)	361
第三十二章	补偿装置异常及缺陷处理	365
模块 1	补偿装置异常现象及分析 (GYBD00501001)	365
模块 2	补偿装置异常处理 (GYBD00501002)	368
模块 3	补偿装置异常处理危险点源分析 (GYBD00501003)	371
第三十三章	二次设备异常处理	373
模块 1	二次设备一般常见异常 (ZY0900406001)	373
模块 2	二次设备异常分析处理及危险点源预控 (ZY0900406002)	374
第三十四章	站用交、直流系统异常处理	378
模块 1	站用交、直流系统设备一般异常 (ZY0900407001)	378
模块 2	站用交、直流系统设备异常分析处理及危险点源预控 (ZY0900407002)	379
第三十五章	小电流接地系统异常分析及处理	382
模块 1	小电流接地系统异常现象及分析 (GYBD00502001)	382
模块 2	小电流接地系统异常处理 (GYBD00502002)	384
模块 3	小电流接地系统异常处理危险点源分析 (GYBD00502003)	387
模块 4	人工转移接地点操作 (GYBD00502004)	389

第七部分 事故处理

第三十六章	事故处理基础知识	393
模块 1	事故处理基本原则及步骤 (GYBD00601001)	393
第三十七章	母线事故处理	397
模块 1	母线事故判断、分析及处理 (ZY0900501001)	397
模块 2	母线事故处理危险点源预控分析 (ZY0900501002)	402
第三十八章	变压器事故处理	405
模块 1	主变压器简单事故处理 (ZY0900502001)	405
模块 2	主变压器复杂事故处理 (ZY0900502002)	411
模块 3	主变压器事故处理危险点源预控分析 (ZY0900502003)	415
第三十九章	线路事故处理	417
模块 1	线路简单事故处理 (ZY0900503001)	417
模块 2	线路复杂事故处理 (ZY0900503002)	420
模块 3	线路事故处理危险点源预控分析 (ZY0900503003)	423
第四十章	补偿装置事故分析及处理	426
模块 1	补偿装置简单事故处理 (GYBD00602001)	426
模块 2	补偿装置事故处理 (GYBD00602002)	428
模块 3	补偿装置事故处理危险点预控分析 (GYBD00602003)	432
第四十一章	站用交、直流系统事故	436
模块 1	站用交、直流系统简单事故处理 (ZY0900504001)	436
模块 2	站用交、直流系统复杂事故处理 (ZY0900504002)	438
模块 3	站用交、直流系统事故处理及危险点源预控分析 (ZY0900504003)	440
第四十二章	二次设备事故处理	442
模块 1	二次设备简单事故处理 (ZY0900505001)	442

模块 2	二次设备复杂事故处理（ZY0900505002）	445
模块 3	二次设备事故处理危险点源预控分析（ZY0900505003）	447
第四十三章	复杂事故处理	449
模块 1	复杂事故的故障分析及处理（ZY0900506001）	449
模块 2	复杂事故处理危险点源预控分析（ZY0900506002）	455
附录 A	《变电运行（110kV 及以下）》培训模块教材各等级引用关系表	458
参考文献		466

第一部分

数字化变电站





第一章 数字化变电站的概念与应用

模块 1 数字化变电站介绍 (GYBD00101001)

【模块描述】本模块主要介绍了数字化变电站的情况。通过要点归纳介绍,掌握数字化变电站发展的基本背景、基本概念和特征,了解数字化变电站的主要优势。

【正文】

一、数字化变电站产生的背景

20 世纪 90 年代以来,随着综合自动化系统的不断应用,变电站初步具备了数字化和自动化的特征,但人们也发现实施中的一些问题:① 各设备之间大多独立运行,不同厂家的设备之间受通信规约等的限制无法共享信息资源;② 通信标准缺乏一致性,导致设备之间不具备互操作性,系统的扩展受到限制;③ 二次回路电缆数量多、接线复杂,容易遭受电磁干扰、过电压等因素的影响,降低了系统运行的可靠性。

进入 21 世纪后,随着电子技术、网络通信技术的发展,各种数字化技术和装备逐步在电力系统中得到应用和实践,给变电站带来很大的变化。以光互感器为代表的电子式互感器利用数字化输出使二次系统技术逐步与一次系统技术融合。IEC 61850 的出台为变电站建立了完整的新一代变电站网络通信体系,可有效解决不同系统间的信息互通、互操作、自定义、可扩展性等问题。网络通信技术为变电站提供了信息数字化通信的手段,改变了变电站二次系统的结构,解决了系统中信息传输与共享的机制,使信息的集成化应用成为可能。随着这些技术的成熟和应用,变电站自动化的发展进入了一个新的阶段,数字化变电站和数字化电网逐步被提了出来,并在不断的应用实践中得到认可。全国各地的电网中各个电压等级的数字化变电站工程试点应用正在实施。

二、数字化变电站的基本概念及特征

数字化变电站是以变电站一、二次设备为数字化对象,依靠统一数据模型和高速网络通信平台,通过对数字化信息进行标准化,实现智能设备之间信息共享和互操作的现代化变电站。随着信息技术、网络通信技术的不断发展,数字化的内涵仍在不断丰富和扩充。

数字化变电站的特征可理解为以下几个方面:

(1) 一次设备的数字化和智能化。数字化变电站的标志性特征为电子式互感器替代传统的电磁式互感器,实现了反映电网运行电气量的数字化输出,为变电站的网络化、信息化以及一次设备的数字化和智能化奠定了基础。

(2) 二次设备的数字化和网络化。数字化变电站的二次设备除了具有传统数字式设备的特点外,其二次信号变为基于网络传输的数字化信息,功能配置、信息交换通过网络实现,网络通信成为二次系统的核心,设备成为整个系统中的一个通信节点。

(3) 变电站通信网络和系统实现标准统一化。数字化变电站利用 IEC 61850 的完整性、系统性、开放性保证了设备间具备互操作性的特征,解决了传统变电站因信息描述和通信协议差异而导致的信号识别困难、互操作性差等问题,实现了变电站信息建模标准化。

三、数字化变电站的优势

由于数字化变电站采用了电子式互感器、网络化通信等主要技术,因此在建设、运行、维护和管理等方面有其独特的优势。主要表现在:

(1) 实现一、二次系统的有效电气隔离,安全性得到提高。数字化变电站采用电子式互感器实现信号的测量,其绝缘结构简单,避免了传统互感器采用油绝缘而可能导致的漏油、易燃、易爆等危险。



电子式互感器的二次侧由光纤连接,可以实现与高压一次侧有效的电气隔离,且不存在传统互感器二次侧TA开路、TV短路或者两点接地等危险。

(2) 测量的精度和动态范围大为提高。数字化变电站采用电子式互感器,可根本性地避免传统电磁式互感器由于采用铁芯而导致的饱和与铁磁谐振等因素的影响,提高保护测量精度。电子式互感器频率响应宽、动态性能好,可进行暂态电流、高频大电流和直流的测量,为保护和自动装置提供更加准确的电气暂态特性。

(3) 二次回路简单,信号传送的抗干扰能力强。电子式互感器输出的数字化电气量可通过光缆以数字量的形式传输,极大地增强了变电站信号传输环节的抗干扰能力,解决了传统变电站存在的二次回路复杂、信号传输环节较多、电缆损耗大、电磁干扰、施工工艺等问题。无须校验电流或电压互感器极性,不存在测试回路绝缘电阻、二次接线检查等问题,二次回路及安装、调试、试验工作都大为简化,提高了二次系统的安全性和可靠性。

(4) 网络化通信提高了信号传输和共享效率。数字化变电站利用光纤和以太网实现设备连接,所有设备均能从网络获取所需信息,并向其他设备传输输出信息和控制命令,而且站内保护、测控、计量、监控、远动可共享一个网络信息平台,对于涉及多个间隔的功能不需配备专门物理设备,避免了设备重复设置,提高了信息传输和共享效率。

(5) 容易实现设备间的互操作。数字化变电站采用 IEC 61850 对智能电子设备的信息描述与访问方法进行了全面的定义和规范,形成了统一的通信规约平台。由于设备采用统一的功能模型、数据模型和通信协议,解决了设备间的互操作问题。

(6) 信息共享与集成提高了系统的可靠性与经济性。常规变电站不同类型的装置因交流采样精度差异、二次回路负荷等问题而造成了信息应用上的分离,存在多信息源的问题,而且二次回路负荷重、接线复杂、硬件重复配置,需通过冗余配置来满足系统的高可靠性要求。数字化变电站提供了数据和信息的集中采集、统一传送、不同功能共享的模式,而且采用面向对象技术将原来分散的二次系统进行了合理的功能集成,使系统更加简单、信息的共享容易实现,通过信息的集成可综合判断设备的状态,进行保护等功能的冗余配置,从而大大提高了整个系统的可靠性和经济性。

(7) 提高了系统的可观性、可控性和自动化水平。数字化变电站内智能设备均具备或配备了相应的监测和自检功能,通过站内信息平台能够实时查看各设备的运行状况,实时自检,便于维护和监控,极大地提高了变电站运行的可观性、可控性。变电站通信可以实时、可靠地交换所有设备的完整信息,利用高级软件能自动生成报表、操作票和操作记录、系统拓扑图、设备检修通知、故障分析报告等,实现管理自动化与智能化决策。

(8) 大大提高了变电站的经济性。电子式互感器取代电磁式互感器、光缆取代电缆以及网络通信等技术的采用,使得数字化变电站工程占地面积减少,电缆沟土建工程量减少;二次回路的简化、智能设备的使用又极大地减少了建设和调试的工作量,缩短了建设工期。由于设备的互操作性,在设备选型时可选择技术经济性最优的设备;基于逻辑的建模可以避免物理设备的重复设置,减少了设备采购量;在系统扩展或部分设备更换时,其他设备的软硬件基本不变,达到了保护投资的目的。

数字化变电站的这些优势和特点,将在技术、运行和管理水平上较传统变电站有一个全面的提升,对减少投运后运行成本、促进减员增效、提高自动化水平具有重大的技术意义和经济效益。

【思考与练习】

1. 什么是数字化变电站?
2. 数字化变电站的主要特征是什么?
3. 与常规变电站比较,数字化变电站具有哪些优势?

模块 2 数字化变电站的系统架构及技术特征 (GYBD00101002)

【模块描述】本模块主要介绍了数字化变电站的基本结构和主要技术特征。通过对比讲解、图例展示,掌握数字化变电站的系统构成和主要技术特征。

【正文】

一、数字化变电站的系统架构

1. 数字化变电站的基本结构

数字化变电站的结构继承了传统变电站分层分布式的特点，依然由一次设备和二次设备分层构成，由于一次设备的智能化和二次设备的网络化，数字化变电站的一、二次设备之间的结合更加紧密。IEC 61850 按照变电站自动化系统所要完成的控制、监视、保护三大功能提出了变电站内按功能分层的概念，从逻辑上将变电站功能划分过程层、间隔层和变电站层，如图 GYBD00101002-1 所示。

(1) 过程层。过程层是一次设备与二次设备的结合面，或者说是智能化一次设备的智能化部分。其主要实现所有与一次设备接口相关的功能，包括：实时电压、电流等电气量检测，进行运行设备的状态参数检测与统计，完成包括断路器、隔离开关的合分控制、变压器分接头调节、直流电源充放电控制操作等在内的控制执行与驱动。

(2) 间隔层。间隔层的功能是利用本间隔的数据对本间隔的一次设备产生作用，如线路保护设备和间隔单元控制设备就属于这一层。其主要功能有：汇总本间隔过程层实时数据信息，实施对一次设备的保护控制，实施本间隔的操作闭锁，实施操作同期及其他控制功能，控制数据采集、统计计算及控制命令的优先级，同时高速完成与过程层及站控层的网络通信。

(3) 变电站层。变电站层主要通过两级高速网络汇总全站的实时数据信息，不断刷新实时数据库，按时登录历史数据库，按既定规约将有关数据信息送向调度或控制中心，接收调度或控制中心有关控制命令并转间隔层、过程层执行。它应具有以下功能：在线可编程的全站操作闭锁控制功能；站内当地监控、人机联系功能，如显示、操作、打印、报警，图像、声音等多媒体功能；可对间隔层、过程层诸设备进行在线维护、在线组态、在线修改参数；同时，能完成变电站故障记录、故障分析和操作培训。

2. 数字化变电站的逻辑接口及总线

在数字化变电站的三层中有 10 类逻辑接口，分别接入两类总线：过程总线以及变电站总线。表 GYBD00101002-1 概括了它们之间的关系。

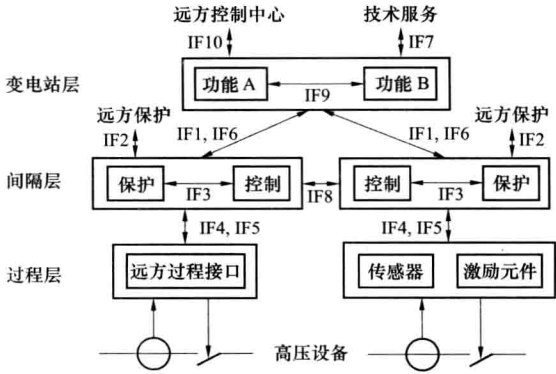


图 GYBD00101002-1 数字化变电站的基本结构及总线接口

表 GYBD00101002-1

逻辑接口与总线之间的关系

逻辑接口	说 明	过程层	间隔层	变电站层	总 线
IF4	过程层和间隔层之间 TV 和 TA 暂态数据交换	√	√		过程总线
IF5	过程层和间隔层之间控制数据交换	√	√		
IF3	间隔层内数据交换		√		变电站总线
IF8	间隔层之间直接数据交换			√	
IF1	间隔层和变电站层之间保护数据交换			√	
IF6	间隔层和变电站层之间控制数据交换			√	
IF9	变电站层内数据交换			√	
IF7	变电站层与远方工程师数据交换			√	

注 “√”表示横向内容与纵向内容有关联。

3. 数字化变电站与传统变电站结构对比

从图 GYBD00101002-2 可以看出，传统变电站与数字化变电站的物理结构几乎没有差别，但两者的功能和接口结构以及系统运行则具有完全不同的特性。传统变电站功能完成和信息传递由连接和设备物理结构限定，而数字化变电站则完全通过网络来分配和交换信息，两者存在巨大差异。

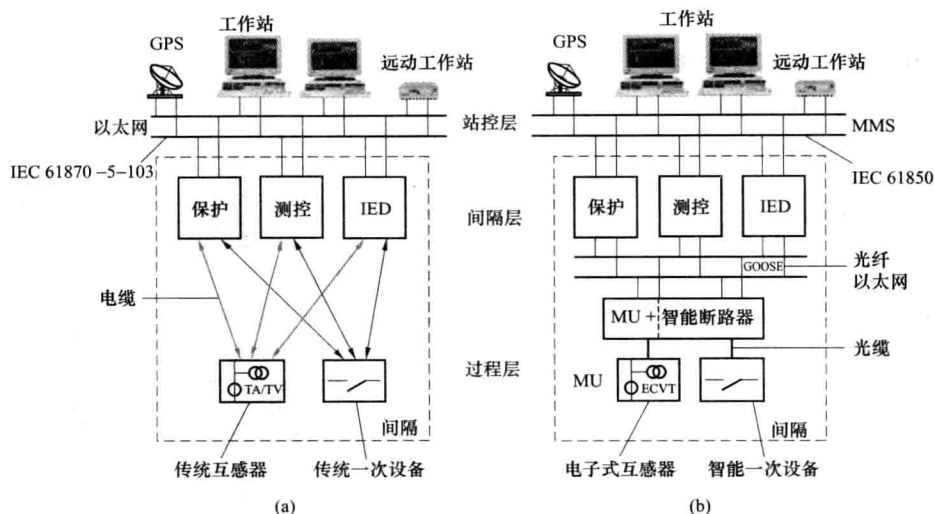


图 GYBD00101002-2 传统变电站与数字化变电站结构对比

(a) 传统变电站; (b) 数字化变电站

二、数字化变电站的主要技术特征

1. 数据采集数字化

数字化变电站采集和传输数字化电压、电流等电气量，不仅实现了一、二次有效的电气隔离，而且大大扩展了测量的动态范围与精度，使变电站的信息共享和集成应用成为可能。

2. 系统分层分布化

数字化变电站采用了 IEC 61850 提出的变电站过程层、间隔层、站控层的三层功能分层结构。过程层主要指站内的变压器、断路器、互感器等一次设备；间隔层一般按照断路器间隔划分，通常由各种不同的间隔装置组成，直接通过局域网络或串行总线与变电站层联系；变电站层包括监控主机、远动通信机等，设现场总线或局域网，实现变电站层以及与间隔层之间的信息交换。这种分层分布结构实现了按站内一次设备面向对象的分布式配置，不同的设备均单独安装具有测量、控制和保护功能的元件，任一元件故障不会影响整个系统正常运行。采用分层分布式结构大大降低了对处理器的要求，而且具有自诊断功能，可以灵活地进行扩充。

3. 系统结构紧凑化

紧凑型组合电器、智能化断路器等智能化一次设备集成了更多的部件和功能，体积更小，这使得变电站的占地面积大幅减小，设备布置更加紧凑。各种体积小、重量轻、精度高、数字化的互感器、传感器的应用，不仅简化了一次设备的结构，而且通过数字化测量数据的网络传输和共享，实现了二次回路连接的简化，甚至可以取消信号电缆。由于智能化断路器的出现，实现了一、二次设备的集成，控制与保护等越来越靠近过程对象，并可有机地集成在间隔或小室并靠近一次设备布置。过程层的数字化和网络化以及 IEC 61850 的采用，使得整个变电站的功能和配置可以灵活地映射和分配到各个 IED（智能电子设备），许多功能的实现不再依赖独立的专用设备，这样系统的结构将更加简单紧凑，性能和可靠性越来越高。

4. 系统建模标准化

数字化变电站采用了 IEC 61850 对一、二次设备统一建模，定义了统一的建模语言、设备模型、信息模型和信息交换模型，采用全局统一规则命名资源，使变电站内及变电站与控制中心之间实现了无缝通信与信息共享。通过系统建模的标准化，消除了各种“信息孤岛”，实现了设备的互联开放，从而简化了系统维护、配置、扩展以及工程实施。

5. 信息交互网络化

数字化变电站各层、各设备间信息交换都依赖高速网络通信完成，网络成为系统内各种智能电子设备以及与其他系统之间实时信息交换的载体。在过程层与间隔层之间，数字化的各种智能传感器的采样数据通过网络传输到间隔层，利用多播技术将数据同时发送至测控、保护、故障录波及相角测量

等单元,进而实现了数据共享。因此二次设备不再出现功能重复的数据与 I/O 接口,而是通过采用标准以太网技术真正实现了数据及资源共享。

6. 信息应用集成化

数字化变电站对常规变电站监视、控制、保护、故障录波等分散的二次系统装置进行了信息集成及功能优化。将间隔层的控制、保护、监视、操作闭锁、诊断与计量等功能和运行支持系统集成到统一的装置中,间隔内、间隔间以及间隔与变电站层的通信采用光纤总线连接。凡是过程层能完成的功能不再由间隔层处理,凡是间隔层能执行的功能不再由变电站层执行,各项功能通过网络组合在系统中,变电站层只是进行各功能的协调,不再需要传统变电站中完成不同任务的分隔系统及相应的通信网络,从而简化了网络结构和通信规约化。

7. 设备检修状态化

在数字化变电站中,电压和电流的采集、二次系统设备状况、操作命令的下达和执行完全可以通过网络实现信息的有效监测,可有效地获取电网运行状态数据以及各种 IED 的故障和动作信息,监测操作及信号回路状态,设备状态特征量的采集没有盲区,设备检修策略可以从常规变电站设备的定期检修变成状态检修,从而大大提高了系统的可用性。

8. 设备操作智能化

智能一次设备不仅可以获取整个系统及关联设备状态,而且可监测设备内部电、磁、温度、机械、机构动作状态,随着电子技术和控制技术的不断发展,采用新型传感器、电子控制、新控制方法构建参数确定、动作可靠迅速、状态可控可测可调的智能操作回路成为可能。

【思考与练习】

1. 数字化变电站的结构如何组成?有什么特点?
2. 数字化变电站中各层的作用是什么?分别有什么特征?
3. 数字化变电站的主要技术特征是什么?

模块 3 数字化变电站的基本应用 (GYBD00101003)

【模块描述】本模块介绍数字化变电站的技术实现基础和常规设备接入方案。通过归纳讲解、方案介绍,了解建设数字化变电站应注意的问题和常规设备的接入方式。

【正文】

数字化变电站的发展是个长期的过程,技术成熟度、方案可行性均需逐步完善,因此通常采取分步走的策略:① 第一阶段结合 IEC 61850 标准先在测控部分实施,以积累网络通信协议的应用经验;② 第二阶段采用非常规互感器技术实现信息采集、处理、传输数字化应用;③ 第三阶段通过变电站总线与过程层总线的集成,实现数字化变电站集成型自动化的应用。

一、过程层常规设备的接入

常规设备主要指互感器和断路器设备,过程层常规设备的接入方式主要有 3 种基本模式:常规互感器和常规断路器,常规互感器和智能断路器(含智能断路器控制器),非常规互感器和常规断路器。过程层常规设备的接入方案见图 GYBD00101003-1。

(1) 方案 1。间隔层采用常规互感器和常规断路器,只使用了变电站总线,采用传统的点对点硬接线方式接入常规互感器和常规断路器,实现保护装置和监控单元信息交互。

(2) 方案 2。间隔层采用非常规互感器和常规断路器,没有过程总线,但使用了合并单元,模

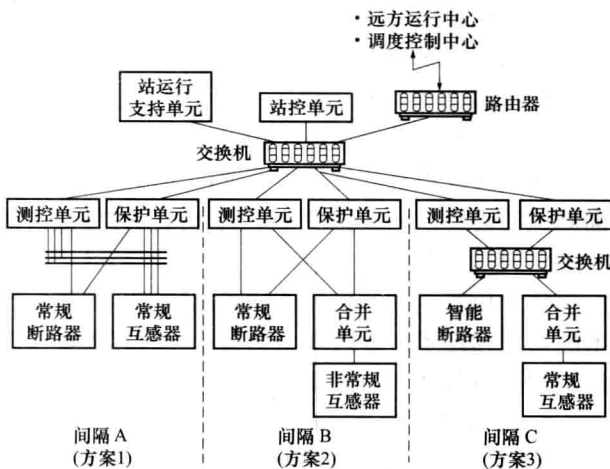


图 GYBD00101003-1 过程层常规设备接入方案