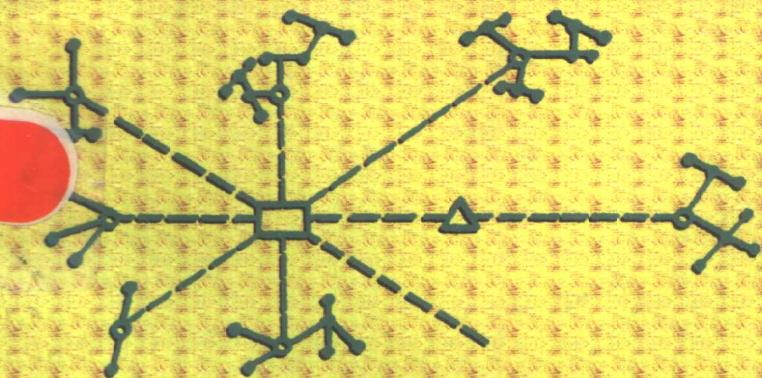


无人值班 变电站监控技术

程明 金明 李建英 刘远龙



中国电力出版社

TM63

C752

187239

无人值班 变电站监控技术

程 明 金 明 李建英 刘远龙

中国电力出版社

内 容 提 要

全书共分九章,主要内容有:概述无人值班变电站的基本条件和功能、继电保护和自动装置的基本工作原理、电量变送器、微机保护理论基础、变电站监控系统、变电站微机控制系统、远动与通信系统、变电站微机监控设备;无人值班变电站中的几个问题。

本书可供从事发电厂、变电站运行和继电保护、自动装置工作的技术人员、工人阅读,也可供从事电力系统基建和管理工作的专业人员阅读;另外,对大专院校有关专业的师生以及电力中专、中技学校的师生也有较高的参考价值。

图书在版编目(CIP)数据

无人值班变电站监控技术/程明等编. —北京:中国电力出版社, 1998.11

ISBN 7-80125-907-6

I. 无… II. 程… III. 无人值守-变电所-监视控制
IV. TM632

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (98) 第 25725 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)

北京市飞龙印刷厂印刷

各地新华书店经销

*

1999 年 1 月第一版 1999 年 7 月北京第二次印刷

787 毫米×1092 毫米 32 开本 11.75 印张 260 千字

印数: 3 001—8000 册 定价: 15.00 元

版 权 专 有 翻 印 必 究

(本书如有印装质量问题, 我社发行部负责退换)

前言

随着我国国民经济的快速发展和人民群众物质文化生活的不断提高，电力用户对电能的需求量愈来愈大，对供电质量的要求也越来越高。星罗棋布遍及全国各地的各种变电站，如何保证供电质量，保证电力系统运行的安全性、可靠性和经济性，是电力工业部门非常关心的大问题。电子和微电子技术的飞速发展，电子计算机和微型计算机硬件和软件的技术成果日新月异，为电力系统运动和通信技术的发展应用提供了有力的技术支持，于是近几年来无人值班变电站如雨后春笋般地发展起来，建成了一批能够实现“四遥”甚至综合自动化功能的局域性电网。

无人值班变电站需由远方的电力调度中心进行实时监控，把有关的运行参数和状态信号准确无误地输入计算机网络进行计算判断并发出控制指令，还可在监视器和模拟屏上予以显示或打印制表，甚至自行诊断和故障录波。电力系统运行调度和管理正经历着一次空前的技术革新，对工程技术人员提出了更高的要求，必须不断学习，这正是编写本书的目的。

本书重点阐述无人值班变电站二次系统的有关理论和技术，在总结原有变电站继电保护与自动装置、控制与信号的基础上，对无人值班变电站应具备的条件、旧变电站改造等方面作了较深入的介绍；对传感器和变送器、微机保护、远动终端、远动通道、微机监控系统等作了系统的讲解；对目前国内研制和国外引进的几种远动系统监控装置作了较详细

11-001-08

的讨论，同时还介绍了无人值班变电站在设计、安装调试和运行维护方面的有关知识。

本书是由高等院校和电力调度部门的科技人员联合编写的，理论联系实际，很值得一读。青岛大学程明编写了第一、二、三、七章，金明编写了第四、五、六章；青岛电业局李建英编写了第八章，刘远龙编写了第九章。全书由程明统稿，由青岛大学刘从爱教授审定。

由于编者水平和时间有限，书中不恰当之处恳请读者批评指正。

编 者

1998.4

目 录

前 言

第一章 概述	1
第一节 变电站电气设备概况	1
第二节 无人值班变电站的基本条件和功能	4
第二章 继电保护及自动装置的	
基本工作原理	11
第一节 电流电压保护	12
第二节 方向电流保护	18
第三节 距离保护	19
第四节 电力变压器保护	21
第五节 变电站开关电器的控制电路	27
第六节 变电站的监示系统	31
第七节 自动重合闸装置	33
第八节 电力电容器自动投切装置	35
第三章 电量变送器	38
第一节 交流电压及交流电流变送器	40
第二节 有功与无功功率变送器	44
第三节 工频频率变送器	57
第四节 直流电压和直流电流变送器	68
第五节 无人值班变电站内的主要传感器	76
第四章 微机保护理论基础	85
第一节 概述	85
第二节 微机保护的硬件组成与设计	89

第三节	微机保护装置中的数字滤波器	111
第四节	微机保护的算法	122
第五节	无人值班变电站中的微机保护	132
第五章	变电站监控系统	139
第一节	变电站监控系统的基本功能与结构	139
第二节	变电站运行中所需处理的信息及远方终端	148
第三节	监控系统交流采样及其算法	162
第四节	电力系统中的时钟系统	171
第五节	小电流接地系统单相接地故障的检测	175
第六章	变电站微机控制系统	184
第一节	有载调压变压器分接头和补偿电容器 的综合控制	184
第二节	电力系统低频减载	197
第三节	静止无功补偿器及其控制	207
第七章	远动与通信系统	219
第一节	数字通信技术	219
第二节	远动终端装置 RTU	234
第三节	电力线载波通信	246
第四节	数字微波通信	257
第五节	通信规约	270
第八章	变电站微机监控设备	289
第一节	概述	289
第二节	国产远动终端设备	292
第三节	国外引进的远动终端设备	313
第四节	国内外综合自动化系统概况	320
第五节	远动终端的工作电源	329
第九章	无人值班变电站中的 几个问题	331

第一节	无人值班变电站的功能和设计要求	331
第二节	无人值班变电站的设计思路	334
第三节	提高保护、监控系统的抗干扰和可靠性措施	353
第四节	无人值班变电站保护和监控系统的施工调试	362
参考文献		367

第一章 概 述

第一节 变电站电气设备概况

建国前的中国电力工业极其落后，全国的总装机容量还不及现今一个大城市的用电量，而且主要集中在当时的大中型城市，至于县级城镇及广大农村根本无电可言。经过建国后近 50 年的艰苦创业，我国的电力工业得到了迅速发展，尤其是近 20 年来发展的速度更快，国产 30 万 kW 和 60 万 kW 的大型成套发电设备已经步入规模化生产阶段，总装机容量和年发电量已进入世界先进行列。与此紧密相联的各类变电站，不论在数量、规模和分布上已经发生了翻天覆地的变化，星罗棋布，遍及全国各地，一个全国电气化的蓝图正在加快实现。

变电站是电力系统的重要组成部分，各种类型的变电站又与电力用户密切相关。变电站技术含量和科学管理水平的高低，对国计民生和各行各业都有极其重要的关系，一向受到各级领导决策部门和广大人民群众的关注。

变电站按其分类的原则不同可划分出许多类型，比如按变电站容量和馈线的多少可分为大、中、小型变电站；按供电对象的差异可分为城镇变电站、工业变电站和农业变电站；按变电站在电力系统中的重要性可分为枢纽变电站、区域（地方）变电站和末端（用户）变电站；按电压等级可分为超高压、高压、中压变电站和低压变电站；按是否有人正

常运行值班可分为有人值班变电站和无人值班变电站，等等。本书所涉及的内容主要是高中压的区域变电站和电网末端的大用户变电站，但不包括小容量的用户变电站。

变电站的电气设备可划分为一次设备和二次设备两大类。一次设备是进行电能交换和分配的必要设备，包括电力变压器、断路器、隔离开关、避雷器、互感器、消弧线圈、补偿电容器或调相机等，都是电压高、电流大的强电设备，它们的安全可靠性是变电站最关心的头等大事。二次设备是对一次设备和系统进行监测、控制、调节并与上级有关部门和电力用户进行联络通信的有关设备，主要包括各种继电保护装置和自动装置、测量与监控设备、直流电源和远动通信设备等。由于变电站电气设备的类型很多，我们仅举例说明它们的发展过程和目前概况。

一、一次设备

1. 电力变压器

早期的电力变压器基本上都是油浸自冷式，铁芯用矽钢片，采用无载调压方式，甚至连绕组也有以铝代铜的，加之制造工艺和绝缘材料陈旧落后，所以体积和重量均较大，空载电流一般在4%以上，空载和多载损耗很大。现今的电力变压器都采用优质冷轧硅钢片做铁芯，大型油浸式电力变压器采用强迫油循环或水冷却方式，即使用风扇的冷却效果也比过去大有提高；在调压方式上多采用无励磁有载调压，绝缘材料和制造工艺大有改进，因此体积和重量明显减小，空载电流降至1%左右，空载损耗和负载损耗大大降低。

2. 断路器

50年代采用的多油式断路器现今基本不在新建变电站应用了，60~70年代建造的变电站多采用少油式断路器。

多年以前已在高压及超高压变电站中应用的空气断路器，由于结构复杂且检修期较短，如今已很少采用。代之而起的是六氟化硫（ SF_6 ）断路器，由于 SF_6 是一种绝缘和灭弧性能都很好的气体，不仅灭弧时间短，而且对断路器主触头的烧损甚小，断路容量又大，因此很受电力用户的欢迎。尤其是 SF_6 全封闭组合电器更具优势，它把断路器、隔离开关、互感器和避雷器等装在一个充有 SF_6 气体的封闭容器内，占地面积小、维修简便、检修周期长，使运行维护更加方便可靠。 SF_6 是一种有毒气体，而且其电气性能受水分等杂质的影响很大，因此 SF_6 断路器对制造工艺提出了更高要求，所以造价较高。

开关电器触头在绝对真空环境中开断时不应产生电弧，也不会导电。但是要制造绝对真空的断路器并非易事。近 30 年来，随着高新技术的发展，为机械制造业制造真空断路器创造了有利条件，我国已能制造此类断路器了，并在 10~35kV 变电站中获得应用。这种真空断路器内部的实际真空度仅在 0.13Pa 以下，并非是绝对的真空。

我国目前新建的变电站主要在少油断路器、 SF_6 断路器和真空断路器中选择，就其应用数量而言，仍以少油断路器居多，它的主要优势在于价格较低。

二、二次设备

1. 继电保护装置

我国 50 年代的继电器主要是从前苏联进口或引入前苏联技术和设备制造的电磁型和感应型继电器。到了 60 年代和 70 年代，我国自行设计和制造了很多电磁型和半导体型的继电器，从 80 年代开始制造集成电路型继电器并逐步研究成功了一些微机型成套继电保护装置，使我国的继电器制

造业逐步赶上了国际水平。尤其值得提及的是对电力系统继电保护理论的研究，我国已达到国际先进水平，受到世界上工业发达国家同行专家的高度评价。

目前存在的主要问题是继电器制造厂多而杂，受制造设备和技术工艺水平的限制，有些产品的质量不稳定，技术性能的离散度较大。

2. 监控设备

原有变电站基本上都是按有人运行值班考虑的，对断路器开关电器的正常控制都是用手动控制操作的；由于电力变压器多为无载调压方式，所以是在电力变压器停运时由人工调节分接头的；至于直流系统电压调整、蓄电池组充电和浮充电、载波和通信设备的正常维护操作等等，都是由人工完成的。

原有变电站的上述功能对有人值班的情况来说，基本能够满足要求；但从科技发展的角度看，就显得落后了，尤其是对无人值班的变电站来说，仅靠原有的监控设备根本不行，必须进行新的技术改造。

第二节 无人值班变电站的 基本条件和功能

无人值班变电站又称无人值守变电站，是指没有经常性运行值班人员的变电站，该站的运行状态（包括必需的各种量值、潮流方向、开关电器的位置、变压器调压分接头位置、补偿电容器投切组数等）经本站的微机远动终端装置 RTU 处理后，再经远动通道转送至上一级电业主管部门的计算机系统，并在监视器 CRT 和系统模拟屏上显示出来，

亦可打印制表，供调度值班人员随时监视查询，然后作出相应的处理。在电力调度综合自动化系统中，可由计算机直接进行计算判断，并自动处理。反之，调度人员可通过远动监控系统对无人值班变电站内的可控设备进行遥控操作，在电力调度综合自动化系统中，则可由计算机直接发出控制指令。由于在上一级调度部门即可完成原有变电站运行值班人员的职责，因此变电站内就不需专门的运行值班人员，所以称为无人值班变电站。至于此类变电站各种电气设备的检修和调试等工作，仍需由电业部门的专业人员承担；变电站的治安保卫人员也不能撤除。

一、无人值班变电站应具有的基本条件

(1) 电力变压器应装设自动调整调压分接头的装置，并在它的周围和开关室内装设自动灭火报警装置。

(2) 各种受控电器必须装设电动操作机构，以便实现遥控功能。

(3) 各种电量和非电量变送器或传感器的测量精度和可靠性应在允许范围以内，防止误差超限。

(4) 各种开关电器的位置信号和补偿电容器组的投切数目等，均应准确采集出来。

(5) 变电站应装设功能足够的远动终端装置 RTU (Remote Terminal Unit)，能够准确发送、接收和转换各种远动信号。

(6) 在变电站与调度中心之间架设具有抗干扰性能和质量优良的远动通道，确保远动通信系统安全可靠地运行。

(7) 上一级调度中心必须具有功能比较齐全的计算机自动监控系统，而且远动通信系统的质量优良。

(8) 具备一支精干的工程技术人员队伍，熟练掌握有关

的安装调试和运行管理技能。

二、无人值班变电站的基本模式和功能

目前已实现无人值班的变电站主要有两种做法：一种是建造无人值班变电站，一开始就按此目标进行设计；另一种是在原有变电站的基础上进行改造充实，使其达到无人值班变电站的条件。这些变电站从电力系统远动的模式上可分为两种，即常规远动模式和综合自动化模式。常规远动模式在技术上相对简单一些，易于掌握，且投资较省，在我国推广应用比较容易；综合自动化模式是在常规远动模式的基础上发展起来的，其功能更加完善，技术性能更加优良，是常规远动模式今后的发展方向。

1. 常规远动系统

在变电站一次和二次的有关设备上加装电量和非电量（如温度和压力）变送器或传感器，在站内装设远动终端装置 RTU 和与远动通道有关的设备即可。它具有除继电保护以外的其他“四遥”功能——即遥测、遥信、遥控和遥调。

如果要把原有变电站改造成无人值班变电站且采用常规远动模式时，主要的工作内容是：

（1）在断路器电磁操动机构和有载调压电力变压器分接头装置的控制回路中增设遥控触点。

（2）原有继电保护装置不要改动，仅在信号继电器回路加装中间继电器或遥控继电器，以便实现远方遥控复归。

（3）对变电站原有二次回路作较大改动，既要实现遥控、遥信，又能实现就地控制（供现场检修、巡查及意外应急使用）。因此原有控制回路和信号回路中的有关触点均应与远动系统的相关触点连接，使远动系统能够真正实现“四遥”功能。继电保护装置动作后的有关触点即可作为遥信

信号来采集。在变电站内应装设“远方”与“就地”的切换开关，防止“远方”和“就地”两种方式同时操作。

常规远动系统的基本配置如图 1-1 所示。

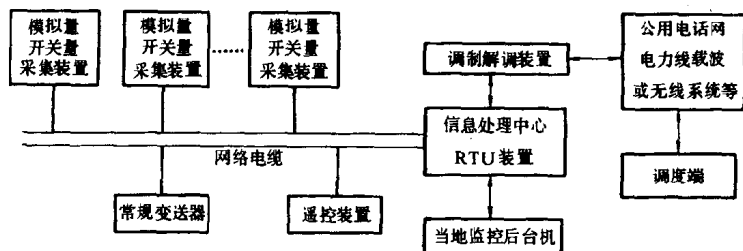


图 1-1 常规远动系统的基本配置

(4) 增设远动终端装置 RTU 和远动通道的有关设备。具体采用哪种远动通道型式为好，应由电业主管部门通过技术经济比较后确定，国内目前采用的有公共电话网或电力线载波通道、光纤或通信电缆、无线（含微波）通道等；调制和解调设备一般与远动通道设备配套。目前国内新研制成功了一种卫星通道，从理论上说这种通道的可靠性更高，特别适用于远距离无人值班变电站的远动通信，但尚缺乏运行经验。根据已投入运行的无人值班变电站的经验，光纤电缆和微波通道的可靠性和抗干扰能力较强。远动通道质量的优劣，是无人值班变电站成败的关键，应引起设计和运行管理人员的高度重视。为确保远动通道的畅通，通常采用主备通道方式，即一用一备制，这种方式的主要缺点是投资较大。

2. 综合自动化系统

如果把变电站继电保护和自动装置的各项功能都纳入常规远动系统来完成，变电站中心处理机系统功能更加完善，则可实现电网的综合自动化，也称调度综合自动化，这种系

统的基本配置如图 1-2 所示。要实现综合自动化系统，无人值班变电站应具备的基本条件是：

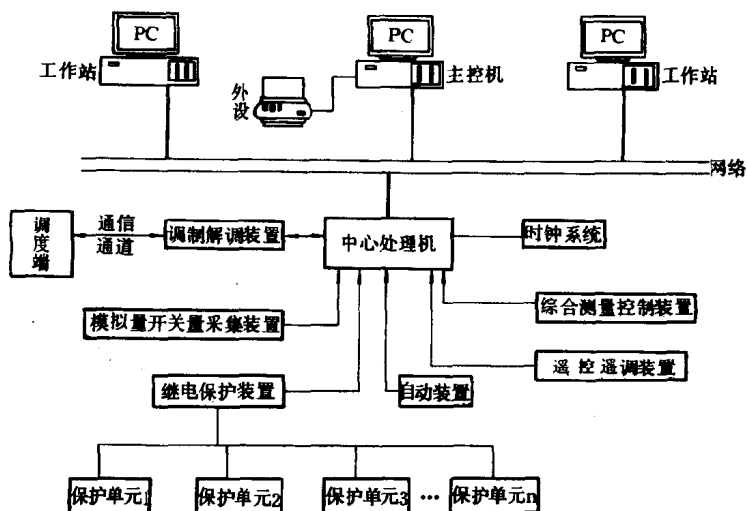


图 1-2 综合自动化系统的基本配置

(1) 各种继电保护和自动装置（如自动重合闸、按频率自动减载装置、电压和无功功率自动控制等）的定值应能实现远方修改和自动调整，并将修正值实时地反送调度中心。

(2) 变电站内原有的远动终端装置 RTU 已不能完成新增加的各项功能，应增设以中心处理机为核心的微机网络。

(3) 常规远动系统的各项条件必须具备，而且应进一步完善，使其性能和可靠性更高一些。

综合自动化是多项高新技术的综合产物，涉及的学科门类较多，技术难度很大，我国尚缺乏成熟的运行经验，全国还没有统一的技术规范和设计标准；综合自动化系统有关设

备的可靠性和精确度目前还不尽人意。因此，目前综合自动化方式的应用范围有限，而且以下因素也影响了它的进一步推广：①设备价格和综合投资比常规远动系统高得多；②设计和安装调试均较复杂，建设时间长；③技术难度大，难以运行维护，需经过专门的培训。

但综合自动化系统的突出优点是其他方式所不及的，比如高速的通信系统为一个地域电网提供了高度的信息共享和生产调度的高度统一；现代计算机系统网络可以实时地进行“四遥”和事故分析，并对继电保护和自动装置的定值实现远方修改。过去众多变电站分兵镇守仅靠电话进行联络的区域电网，在电力生产调度上确实存在许多不便和问题，随着调度综合自动化技术的进一步发展和完善，随着国民经济的进一步发展提高，这种系统的投资、人员、建设周期和技术等问题均是可以解决的，所以综合自动化系统是一个发展方向。

三、无人值班变电站的技术经济效益

从我国已经建成并投入运行的无人值班变电站的实际情况看，这种变电站起码已经体现出了以下优点。

1. 提高了运行的可靠性

由于运行人员素质和管理水平的差异，由调度端直接进行分析判断并进行操作控制，可以统观全局，使遥控的误动率降至万分之一左右，减少了由于人员误操作和事故处理不当所造成的经济损失。

2. 减少了运行值班人员，提高了劳动生产率

无人值班变电站不仅减少了运行值班人员的各项开支，而且提高了调度值班人员的素质，为实现电力调度综合自动化奠定了良好基础。