

(初、中、高级工适用)

林虔 主编

电力工人技术等级培训教材



丁毓山 杨春礼
编

远动自动化工

中国水利水电出版社

164596

TM/64.2
1082

电力工人技术等级培训教材

主 编 林 虔

副主编 丁毓山 孙成宝 金 哲

(初、中、高级工适用)

远 动 自 动 化 工

丁毓山 杨春礼 编

中国水利水电出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

远动自动化工/丁毓山, 杨春礼编. —北京: 中国水利水电出版社,
1997.5

电力工人技术等级培训教材

ISBN 7-80124-461-3

I. 远… II. ①丁… ②杨… III. 电力系统-遥控-技术培训-教材
R. TM764.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (97) 第 06206 号

书 名	电力工人技术等级培训教材 初、中、高级工适用 远动自动化工
作 者	丁毓山 杨春礼 编
出版、发行	中国水利水电出版社(北京市三里河路6号 100044)
经 售	全国各地新华书店
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京市朝阳区小红门印刷厂
规 格	787×1092 毫米 32 开本 8.5 印张 182 千字
版 次	1997 年 8 月第一版 1997 年 8 月北京第一次印刷
印 数	0001—5100 册
定 价	16.00 元

序

中华人民共和国第八届全国人民代表大会第四次会议批准了《中华人民共和国国民经济和社会发展“九五”计划和2010年远景目标纲要》，《纲要》是国民经济和社会发展的指导方针和奋斗目标，对深化改革，推进两个转变，加强和改善宏观调控，保证国民经济持续、快速、健康地发展，实行科教兴国，促进两个文明建设，有巨大的推动作用。

科教兴国的伟大战略，是党中央的高瞻远瞩。国运兴衰，系于教育，我们正处在新旧世纪的交接时代，面对21世纪科学和技术的挑战，要在激烈的国际竞争中占居主动地位，关键问题在于人才，要实现社会主义现代化的宏伟目标，关键问题还是人才。

电力部门的岗位培训和职工教育是科教兴国宏伟战略中的重要组成部分。当前，电力工业正处在向大电网、大机组、大电厂、超高压、现代化方向发展的时期，新技术不断引进，设备正在更新换代，管理体制和管理方式正在不断地改革和完善，技术和电网运行水平的要求正在不断地提高。面对这种新的发展形势，我们深深感到：电力部门广大工人的技术素质还不适应现代化要求的水平。为此，各电力部门的领导同志，应该充分认识和全面落实“科学技术是第一生产力”的战略思想，要大力加强科教意识和科教投入，大力加强人才培养的力度，把电力的岗位培训和职工教育摆在电力工业发展的重要位置。我们应确信，只有提高电力工业部门广大技

术工人的技术素质,才能从根本上增强电力工业的科技实力,才能增强向现实生产力的转化能力,才能提高电网的管理和运行水平,才能从根本上发展电力工业,才能担负起振兴电力工业的伟大历史任务。

为了做好岗位培训工作,提高广大电力工人的技术素质,我们责成中国水利水电出版社,组织有关专家和富有实践经验的工程技术人员,遵照《电力工人技术等级标准》的要求,编写了这套“电力工人技术等级培训教材”,借以促进和配合电力工人岗位培训工作的开展。

本教材的编写提纲是由中国水利水电出版社组织有关省市电力部门的领导,有关院校的教授,富有实践经验的专家,经几次会议研究确定的。其编写的基本宗旨是:严格遵照《电力工人技术等级标准》,密切联系生产实际,既注意基本技术和技能的训练,又注意有关电力规程和规范的贯彻,使其有助于广大技术工人的技术水平和管理水平的提高。

要把经济建设转移到依靠科技进步和提高劳动者素质的轨道上来,岗位培训是一项不容忽视的工作,切不可重物轻人,轻人才资源开发。应该在科教兴国的热潮中,满怀信心地把这项工作抓实、抓好,为培养跨世纪的人才,为振兴电力工业,进行不懈的努力!

张统罗

前 言

按照《电力工人技术等级标准》的要求，参照当前调度自动化系统的发展情况，我们编写了《远动自动化工》这本教材。全书共分远动装置的发展及其总体布局，运算基础和逻辑电路，时序逻辑电路，模数转换电路，微型计算机原理，变送器，RTU 的硬、软件结构，模拟屏和远动通道，调度端远动装置的配置，配电网自动化等十章。

编写中着重阐述基本知识、基本原理、基本概念，但对有关管理规程，通信规约，运行维护，试验、验收和调试也给予了适当的注意。文字力求通俗易懂，图表力求清晰，对有关难点皆尽量详细地加以解释，以求读者对远动装置中的基本问题能有较深入的了解。本书适用于初、中、高三级远动自动化工岗位培训的需要，为了帮助读者掌握本书的内容和参加岗位培训的技术考核，书中每章后附有复习思考题，思考题前凡是标有“*”者，适用于中级工以上水平；凡标有“**”者，适用于高级工；不作标记者，对三级远动自动化工都适用。

参加本书编写的有丁毓山、杨春礼、刘福义、冯希强同志。

特别感谢：中国电力企业联合会理事长张绍贤为本书作序；全国政协常委、原水利电力部副部长赵庆夫，全国人大代表、原水利电力部副部长、中国电力企业联合会原理事长张凤祥为本书题词。

由于远动装置的发展速度很快，种类繁多，涉及的学科

领域甚为广泛，许多问题不是本书所能详细阐述的；又兼编者的水平有限，对所论问题也会有不少的缺点和错误，尚望使用本书的读者和广大的教师不吝指正。

编 者

1997 年 2 月

目 录

序

前 言

第一章 电力系统远动装置的发展及其总体布局	1
第一节 电力系统远动装置的发展	1
第二节 远动装置的总体布局	6
第三节 地、县两级调度自动化系统的配置	16
第四节 调度自动化系统指标	27
第五节 无人值班变电所综合自动化监控系统	32
复习思考题	39
第二章 运算基础和逻辑电路	41
第一节 二进制	41
第二节 逻辑代数的基本运算和基本逻辑电路	48
第三节 触发器	58
第四节 组合逻辑电路	64
复习思考题	70
第三章 时序逻辑电路	73
第一节 分频器	73
第二节 步分配器	77
复习思考题	81
第四章 模数转换电路	82
第一节 模数转换电路的基本知识	82
第二节 数模转换电路 (D/A)	86

第三节	模数转换电路 (A/D)	90
复习思考题		92
第五章	微型计算机原理	94
第一节	微型计算机的组成	94
第二节	CPU 的组成部分	101
第三节	计算机的软件组成	106
第四节	计算机局域网络	113
第五节	CPU 与 I/O 设备之间的数据传送过程	117
复习思考题		123
第六章	变送器	125
第一节	电流、电压变送器	125
第二节	功率变送器	129
第三节	电量变送器和频率变送器	137
第四节	功率总加器和变送器精度	142
第五节	交流变送器和小电流接地选线变送器	146
第六节	变送器的技术指标和管理要求	148
复习思考题		152
第七章	RTU 的硬、软件结构	154
第一节	RTU 的功能	154
第二节	遥信输入电路	158
第三节	YX 取数子程序	166
第四节	YC 输入的硬件电路	173
第五节	远动装置的运行管理	175
复习思考题		179
第八章	模拟屏和远动通道	181
第一节	模拟屏	181
第二节	远动信息和质量要求	186

第三节	电力载波通信	189
第四节	微波通信	193
第五节	其他通信方式简介	197
第六节	通信规约	202
复习思考题		210
第九章	调度端远动装置的配置.....	212
第一节	调度端的功能要求	213
第二节	调度端硬件配置	216
第三节	调度机的软件配置	221
第四节	调度自动化系统基本功能测试	235
复习思考题		238
第十章	配电网自动化.....	240
第一节	重合器与自动配电开关.....	240
第二节	配电开关隔离故障区段的过程	246
第三节	自动配电开关的比较	250
第四节	负荷控制系统	253
复习思考题		256

第一章 电力系统远动装置的发展 及其总体布局

第一节 电力系统远动装置的发展

一、电力系统远动装置的任务和发展

1. 远动装置的任务

电力系统是由若干个发电厂、变电所、输配电线路组成。为了保证电力系统安全、可靠、经济地运行，调度所必须及时地掌握系统的运行情况，监视系统的运行参数，以便对系统中的断路器进行操作，并对系统的有功、无功出力进行调节。

因此，从调度端来看，则需要收集厂、站端的信息，以便根据这些信息作出正确的判断，进行相应的操作。

从厂、站端来看，则需要向调度端发送各断路器位置、运行工况各种信息，还需接收调度端发来的命令，以便对各开关进行相应的操作，或进行有关参数的调整。

但是，调度所与厂、站距离通常为数十甚至数百公里。远动装置的任务，就是远距离内进行信息的传递，控制断路器的操作，对运行参数进行监测与调整。

2. 远动装置的发展

随着电子技术和计算技术的发展，远动装置经过了几代的更新，从最初的继电接触的有触点式，发展成晶体管的无触点式；从分立元件发展到集成电路；从硬件布线逻辑式远动装置发展到软件式远动装置。从其发展过程来看，可归纳为四个时代：

第一代，以继电器为主要元件的时代；

第二代，以晶体管为主要元件的时代；

第三代，以集成电路为主要元件的时代；

第四代，以微型计算机、大规模集成电路为主要元件的时代。

计算技术的发展，大大加快了远动技术的发展。目前，电力工业部门正在扩大计算机的使用范围，建立以数字微波通信为主，包括电力载波、卫星通信、光纤通信和移动电话等电网专用通信体系，以实现变电所和火电厂的安全监测、水电厂的综合自动化、电网的经济调度和状态估计等；同时，也正在完成管理信息的建设，其中包括领导机构的决策支持系统、全面质量管理的专家系统、实现办公室自动化等。这就是说，计算机深入到电力工业领域，使电力系统的自动化水平已大大超出常规远动装置所限定的范畴，向着包括监测、控制、保护、全面质量管理的综合自动化方向发展。

近年来，随着国外新技术的引进，在 35、66、110、220 kV 的变电所实现了无人值班，这无疑又是远动技术发展的一项新成就。

随着电力系统远动技术的发展，农网的远动技术水平也在不断的发展和提高。据统计全国已有 300 多个县开展了调度自动化工作，有 62 个县、市达到了实用化要求，而且有些县调业已实现了变电所的无人值班。

二、远动装置的功能

1. 遥信 (YX)

YX 装置的功能是采集发电厂、变电所的断路器、隔离开关、继电保护装置的触点变位情况，并将该信息送往调度所。这些参数皆是开关的变位情况，故常称其为开关量。

2. 遥测 (YC)

调度中心除要了解 YX 量的变位外,尚需了解各发电厂、变电所的电流、电压、有功功率、无功功率的变化情况,这些量在远动装置中称为遥测量 (YC)。YC 量应实时地送往调度所,调度端的计算机经过数据处理后,以判断 YC 量是否越限。如发生越限,则发出断路器的跳闸操作命令,或者发出相应的信号报警,或者发出调节装置的调整命令。

3. 遥控 (YK)

调度所为了改变厂、站的运行方式,切除各种短路故障,以及改变有载调压的分接头、无功补偿电容器的投切、保护装置整定值的改变等,这些操作命令称为遥控信息,以字符 YK 表示。

4. 遥调 (YT)

发电厂的励磁、频率调节,有功及无功功率的调节命令,称为遥调信息,以 YT 字符表示。

三、SCADA 系统

所谓 SCADA 系统是英文 Supervisory Control and Data Acquisition 的缩写,其含义是监控和数据采集系统,它是美国 Bonneville 电力公司于 60 年代提出来的。设置在该系统中的远方数据终端,即 RTU (Remote Terminal Unit) 主要是完成 YX、YC、YK 和 YT 的任务,如图 1-1 所示。

但是,由于配电网自动化技术的发展,又出现了配电网的远方终端,该终端包含配电线路保护/监控终端、电压/无功控制终端和电力负荷管理终端。下面我们来说明这些终端的功能。

1. 配电线路保护/监控 (DLP/DLSC) 终端

配电线路保护/监控终端分为两种形式。

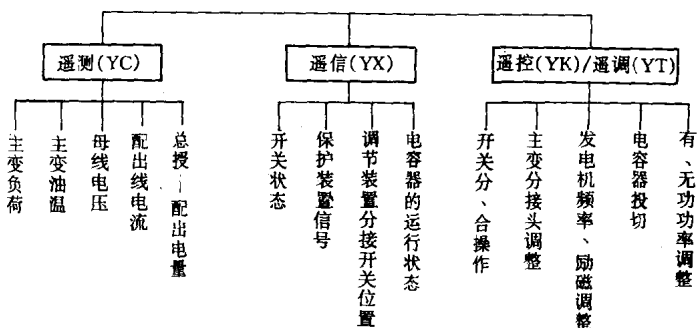


图 1-1 远方数据终端 RTU 的功能

(1) 无 RTU 的真空开关。这种类型的配电线路保护/监控终端如图 1-2 所示。其保护原理是利用重合器 CB 和分段器 S_1 或 S_2 的有机配合来隔离故障区段的。例如，当线段 b 发生永久性故障时，重合器 CB 跳开，配电开关 S_1 和 S_2 的故障检测器 FDR_1 和 FDR_2 因检测不到电压，则开关 S_1 和 S_2 跳开。经 15 s 后，CB 重合，因 FDR_1 检测到电源侧电压，经 7 s 后， S_1 关合。由于 S_1 关合到故障线路，CB 又二次跳闸，且由于 FDR_1 在此期间检测电压的时间小于 5 s，故发生闭锁，

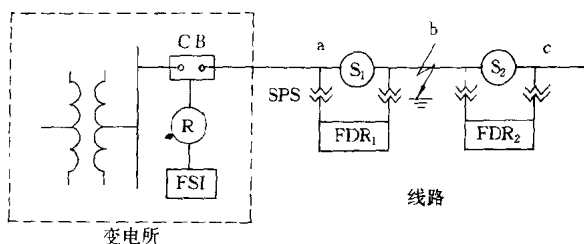


图 1-2 无 RTU 型线路保护/监控终端

R—重合继电器；CB—重合器； S_1 、 S_2 —配电自动开关（分段器）；

FDR—故障检测器；FSI—故障区间指示器；a、b、c—线路分段；

SPS—电源变压器

即不再自行合闸。如此，当 CB 二次重合时，因 S_1 不再合闸，则故障线段被切除，从而保证线段 a 的正常供电。

(2) 有 RTU 的真空开关。这种配电线路保护/监控终端如图 1-3 所示。其工作原理与无 RTU 型相同，只是该种类型的终端可借 RTU 和调制解调器 MODEM 之助，可在调度中心和线路区段间进行通信，以便调度中心采集线路区段的数据和控制配电自动开关 S_n 的操作。

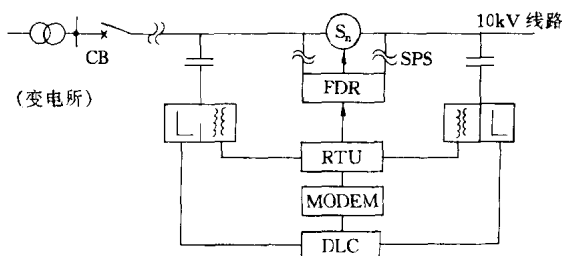


图 1-3 有 RTU 型线路保护/监控终端

MODEM—调制解调器；DLC—配电线载波；其余符号与图 1-2 相同

2. 电压/无功控制终端（IVVC）

电压/无功控制终端的任务是监视配电网中足够数量地点的电压质量，保持系统总体电压水平在预期范围内；监视无功潮流，评估各供电区无功优化的效果；监视已投运补偿电容的运行状态，控制电容器投切；控制变压器分接头的位置。

3. 电力负荷管理（LM）终端

该终端的任务有三个方面：

- (1) 监视与控制各配电线路负荷，按规定进行负荷限载。
- (2) 集中控制用户负荷，实行躲峰填谷，碾平负荷曲线，

改善负荷率。

(3) 实行远方读表, 掌握负荷变化趋势, 减少误、漏抄表。

实现配电网自动化, 将是今后远动技术重要发展方向之一, 现各电业局、农电局在这方面皆予以充分的注意, 有的电业局已从配电网的全局来考虑远动装置的设计问题。

第二节 远动装置的总体布局

一、分层控制数据网的特点

近代电网调度的分层控制结构已为国内外普遍的接受, 相应的数据网也采用分层结构形式, 如图 1-4 所示。

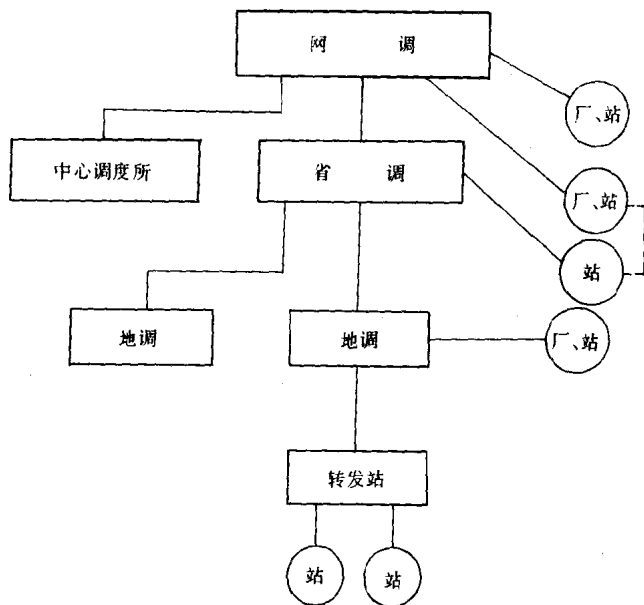


图 1-4 数据网的分层结构

分层结构数据网最上面一层是网调或总调，它除了控制大型的网属厂、站外，还控制省调。

省调控制省属厂、站，并统辖地调。

地调控制地属厂、站，并控制转发站，它是数据网的最低层。

如此，由网调、省调、地调、厂站，形成一个多层次的数据网络，以实现各级调度的实时数据采集、处理、转发的任务，通过数据沿数据网的传送，完成远程的控制、操作、调节的任务。

在构成数据网络时所考虑的问题如下。

1. 实时性要求

根据实时性要求，重要厂站的远方数据终端直接进入调度所；而不重要厂站可通过下一级调度接收集中后再部分转发的办法，以简化数据网结构，节省价值昂贵的信道。

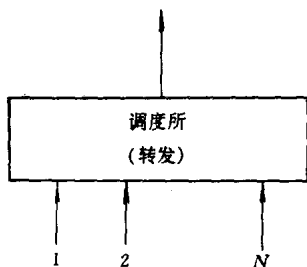


图 1-5 调度转发

2. 转发方式

转发可采用两种方式：

(1) 调度转发。即是调度所接收 N 个 RTU 送来的数据，经过挑选和编辑后，向上级调度所转发，如图 1-5 所示。

(2) 厂站转发。即是负责转发的厂站，除了收集本站的数据之外，尚可收集邻近厂站的数据，然后集中向调度所转发。

鉴于我国的管理体制，常存在一个变电站由两级调度管辖的情况，这样便要求 RTU 能向两级调度发送不同内容的数据。