

高职高专“十五”规划教材

GAOZHI
GAOZHUAN
SHIWU
GUIHUA JIAOCAI

配电系统自动化

谷水清 主编



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

27

51

高职高专“十五”规划教材

GAOZHI
GAOZHUAN
SHIWU
GUIHUA JIAOCAI

配电系统自动化

主编 谷水清
编写 谷水清 张 瑛
主审 李志民



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

内 容 提 要

本书为高职高专“十五”规划教材。本书系统而全面地介绍了配电系统自动化的功能、原理、理论基础及相关的技术。

全书共九章，主要内容包括：配电系统自动化的概念、功能、实现配电系统自动化的意义、设计原则以及配电系统自动化国内外发展概况；配电自动化通信系统的类型及特点；配电网数据采集与监控系统的作用及构成；配电变电站和开闭所综合自动化的概念、功能、结构及特点；微机远动装置、微机继电保护技术以及微机保护算法和变电站综合自动化系统应用实例；馈线自动化的概念、功能，重点介绍了基于重合器和 FTU 的馈线自动化系统工作原理；调度自动化的概念、任务、结构、软硬件配置等，还介绍了调度自动化中常用的感受元件（变送器）的类型、结构与原理；配电系统自动化中的管理自动化的内容，包括远方抄表及电能计费系统、地理信息系统、负荷控制和管理系统。

本书主要作为高职高专相关专业的教材，也可作为高等成人教育、函授及自考的辅导教材，并可供工程技术人员参考使用。

图书在版编目 (CIP) 数据

配电系统自动化/谷水清主编. —北京：中国电力出版社，2004

高职高专“十五”规划教材

ISBN 7-5083-2076-X

I. 配… II. 谷… III. 配电系统-自动化技术-高等学校：技术学校-教材 IV. TM727

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 010114 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>)

三河汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2004 年 4 月第一版 2004 年 4 月北京第一次印刷
787 毫米×1092 毫米 16 开本 11.25 印张 258 千字
印数 0001—3000 册 定价 18.00 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)

序

随着新世纪的到来,我国进入全面建设小康社会、加快推进社会主义现代化的新的发展阶段。新世纪新阶段的新任务,对我国高等职业教育提出了新要求。我国加入世界贸易组织和经济全球化迅速发展的新形势,也要求高等职业教育必须开创新局面。

高职高专教材建设是高等职业教育的重要组成部分,是一项极具重要意义的基础性工作,对高等职业教育培养目标的实现起着举足轻重的作用。为贯彻落实《国务院关于大力推进职业教育改革与发展的决定》精神,进一步推动高等职业教育的发展,加强高职高专教材建设,根据教育部关于通过多层次的教材建设,逐步建立起多学科、多类型、多层次、多品种系列配套的教材体系的精神,中国电力教育协会会同中国高等职业技术教育研究会和中国电力出版社,组织有关专家对高职高专“十五”教材规划工作进行研究,在广泛征求各方面意见的基础上,制订了反映电力及相关行业特点、体现高等职业教育特色的高职高专“十五”教材规划。同时,为适应电力体制改革和电力高等职业教育发展的需要,中国电力教育协会筹备组建全国电力高等职业教育教材建设指导委员会,以便更好地推动新世纪电力高职高专教材的研究、规划与开发。

高职高专“十五”规划教材紧紧围绕培养高等技术应用性专门人才开展编写工作。基础课程教材注重体现以应用为目的,以必需、够用为度,以讲清概念、强化应用为教学重点;专业课程教材着重加强针对性和实用性。同时,“十五”规划教材不仅注重内容和体系的改革,还注重方法和手段的改革,以满足科技发展和生产实际的需求。此外,高职高专“十五”规划教材还着力推动高等职业教育人才培养模式改革,促进高等职业教育协调发展。相信通过我们的不断努力,一批内容新、体系新、方法新、手段新,在内容质量上和出版质量上有突破的高水平高职高专教材,很快就能陆续推出,力争尽快形成一纲多本、优化配套,适用于不同地区、不同学校、特色鲜明的高职高专教育教材体系。

在高职高专“十五”教材规划的组织实施过程中,得到了教育部、国家电力公司、中国电力企业联合会、中国高等职业技术教育研究会、中国电力出版社、有关院校和广大教师的大力支持,在此一并表示衷心的感谢。

教材建设是一项长期而艰巨的任务,不可能一蹴而就,需要不断完善。因此,在教材的使用过程中,请大家随时提出宝贵的意见和建议,以便今后修订或增补。(联系方式:100761 北京市宣武区白广路二条1号综合楼9层 中国电力教育协会教材建设办公室 010-63416222)

中国电力教育协会

二〇〇二年十二月

2002/12

前 言

本书为高职高专“十五”规划教材，是为了适应配电自动化技术的发展，使供用电专业及相关专业在校学生全面了解和掌握配电自动化技术，配合现场供电管理人员、技术人员及调度和运行人员的继续教育而编写的。本书按照深入浅出的原则对配电系统自动化技术做了全面的介绍，对于所涉及到的相关基础知识也在书中或附录中给予介绍，有利于读者全面了解配电系统自动化的概念及其涵盖的内容，有利于读者自学。

全书共分九章。第一章简要介绍了配电系统自动化的概念、所包含的内容、功能以及配电系统自动化在国内外的发展概况。第二章介绍了配电自动化通信系统的类型及特点。第三章介绍了配电网数据采集与监控系统的作用及构成。第四章介绍了配电变电站和开闭所综合自动化的概念、功能、结构及特点；介绍了微机远动装置、微机继电保护技术以及微机保护算法和变电站综合自动化系统应用实例等内容。第五章介绍了馈线自动化的概念和功能，重点介绍了基于重合器和 FTU 的馈线自动化系统工作原理。第六章介绍了调度自动化的概念、任务、结构、软硬件配置等，还介绍了调度自动化中常用的感受元件（变送器）的类型、结构与原理。第七、八、九章主要介绍了配电系统自动化中的管理自动化的内容，包括远方抄表及电能计费系统、地理信息系统、负荷控制和管理系统。

本书第三、五、七、八、九章由张瑛编写，其余各章由谷水清编写，并由谷水清进行全书的修改及定稿。本书在编写过程中得到沈阳工程学院刘莉教授、国电南京自动化股份有限公司、北京德威特电力系统自动化有限公司的大力帮助，在此表示衷心的感谢。全书承哈尔滨工业大学李志民教授审阅，并提出许多宝贵意见，在此表示深切的谢意。

由于新技术总在不断地发展，加之作者水平有限，书中难免有错误和不足之处，恳请专家和读者批评指正。

编 者

2003年10月

中国电力出版社

北京 2000 年 10 月

目 录

序	1
前言	1
第一章 概述	1
第一节 配电系统及其特点	1
第二节 配电系统自动化的概念	2
第三节 配电系统自动化的意义和目的	4
第四节 配电系统自动化的基本功能及实现原则	5
第五节 国内外配电系统自动化的发展概况	8
第二章 配电自动化的通信系统	12
第一节 配电自动化通信系统的组成及作用	12
第二节 配电系统自动化的通信方式及其特点	17
第三节 配电自动化通信系统的抗干扰及其保护措施	26
第四节 通信规约	29
第三章 配电网数据采集与监控系统 (SCADA 系统)	33
第一节 概述	33
第二节 配电网 SCADA 系统的功能	34
第四章 变电站和开闭所的综合自动化	42
第一节 概述	42
第二节 微机远动装置简介	52
第三节 微机保护装置简介	56
第四节 数字式继电保护算法	58
第五节 变电站综合自动化系统举例	69
第五章 馈线自动化	88
第一节 概述	88
第二节 基于重合器的馈线自动化	90
第三节 基于 FTU 的馈线自动化系统	96

第四节	故障区段的判断和隔离	99
第六章	配电系统调度自动化	103
第一节	概述	103
第二节	配电系统调度自动化的基本概念	109
第三节	调度自动化系统实例	114
第四节	变送器	116
第五节	对调度自动化设备的干扰及防止措施	122
第七章	自动抄表及电能计费系统	124
第一节	概述	124
第二节	预付费电能计费方式	126
第三节	电能计量及抄表自动化系统	131
第八章	配电自动化地理信息系统	140
第一节	地理信息系统的基本概念和基本功能	140
第二节	GIS系统在配电自动化中的应用	142
第九章	负荷控制和管理系统	147
第一节	概述	147
第二节	负荷管理的基本概念	149
第三节	负荷控制系统	155
第四节	负荷管理系统的防窃电功能	159
附录	163
附录 1	配电系统自动化中常用的缩写术语	163
附录 2	串行数据通信接口标准	165
附录 3	电压/频率变换器	168
参考文献	171

第一章

概 述

随着我国在经济上的可持续发展和人民物质文化生活水平的不断提高,用户对电力需求越来越大,对供电质量和供电可靠性要求越来越高。尤其是在国家颁布的《中华人民共和国电力法》贯彻实施以后,电力作为一种商品进入市场,接受用户的监督和选择,对电力供应中的停电影响追究电力经营者的责任。还有,高技术和精密装备对电能质量要求也随之提高,配电网供电可靠性已是电力经营者必须考虑的主要问题。为此,加快城乡电网的改造,加快配电系统自动化的进程就显得尤为重要。

配电系统自动化是电力系统自动化的必然趋势,它是综合应用现代电子技术、通信技术、网络技术和图形技术并与配电设备相结合,将配电系统在正常和事故情况下的监视、保护、控制和供电企业的工作管理有机融合在一起的综合性先进技术。目前,欧美和日本等发达工业国家正大力使用和推广该技术,国内部分电力企业也对此产生了浓厚的兴趣,一些厂家也在大力开发研制这方面的产品,并推向电力市场。实践表明,配电系统自动化可以大大提高配电网安全运行水平,提高供电质量,降损节能,降低人们的劳动强度并充分利用现有设备的能力。

第一节 配电系统及其特点

电能是一种特殊的商品。为了远距离传送,需要提高电压,实施高压输电;为了分配和使用,需要降低电压,实施低压配电、供电和用电。

发电—输电—配电—用电构成了一个有机系统。通常把由各种类型的发电厂、输电设施和配电设施以及用电设备组成的电能生产与消费系统称为电力系统。输电设施包括输电线路、变电站和开关站等,配电设施包括配电线路、配电变电站和配电变压器等。电力系统的功能是将自然界的一次能源通过发电动力装置转化成电能,再经输电、变电和配电将电能供应到用户。

一、配电系统概念

在电力系统中,各级电压的电力线路及其联系的变电站组成的统一体,称为电力网。配电区域内的配电线及配电设施的总称叫配电系统,如图 1-1 所示。它由变电站、配电站、配电变压器及二次变电站以下各级线路、发电厂直配线路和进户线及用电设备组成。

配电网的主要功能是从输电网接受电能,并逐级分配或就地消费,即将高压电能降低至

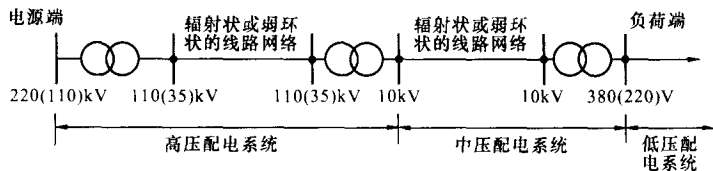


图 1-1 配电系统示意图

方便运行又适合用户需要的各级电压，组成多层次的配电网向用户供电。

配电网按电压等级分，有高压配电网（10kV 以上）、中压配电网（10kV、6kV、3kV）和低压配电网（1kV 及以下）；按所在的地域或服务对象分，有城市配电网（向一个城市及其郊区分配和供应电能的电力网）和农村配电网（向县范围内的农村、乡镇、县城供电的电力网）；按配电网线路形式分，有架空配电网和电缆配电网。

二、配电网特点

1. 城市配电网的主要特点

(1) 深入城市中心地区和居民密集点，负载相对集中，发展速度快，因此在规划时应留有发展余地。

(2) 用户对供电质量要求高。

(3) 配电网的设计标准较高，在安全与经济合理平衡下，要求供电有较高的可靠性。

(4) 配电网的接线较复杂，要保证调度上的灵活性、运行上的供电连续性和经济性。

(5) 随着配电网自动化水平的提高，对供电管理水平的要求越来越高。

(6) 对配电设施要求较高。因为城市配电网的线路和变电站要考虑占地面积小、容量大、安全可靠、维护量小及城市景观等诸多因素。

2. 农村配电网的主要特点

(1) 供电线路长，分布面积广，负载小而分散；用电季节性强，设备利用率低。

(2) 发展速度快，存在建设无规划，布局不合理，施工无设计，设备质量差等先天不足。

(3) 农电队伍不稳定，专业水平不理想。

(4) 农电用户多数是乡镇企业、农业排灌和农民生活用电，用户安全用电知识较贫乏，严重影响安全供用电。

另外，我国配电网还有一个显著特点，就是中性点不接地或经消弧线圈接地，目前还有采用中性点经电阻接地方案的。这些接地方式的选择主要是从电网的各种运行工况、供电的可靠性、故障时异常电压和电流对供电设备的影响、有关的设备供应情况、有关的设计技术和继电保护技术要求等方面考虑的。所以，配电系统自动化的实施必须结合我国配电网的实际情况来进行。

第二节 配电系统自动化的概念

中国电机工程学会城市供电专业委员会起草的《配电系统自动化规划设计导则》给配电

系统自动化作了比较明确的定义。所谓配电系统自动化，“是利用现代电子、计算机、通信及网络技术，将配电网在线数据和离线数据、配电网数据和用户数据、电网结构和地理图形进行信息集成，构成完整的自动化系统，实现配电网及其设备正常运行及事故状态下的监测、保护、控制、用电和配电管理的现代化。”

配电系统自动化的内容众多，但可以根据自动化设备、装置、系统所涉及的职能部门进行划分，大致由以下几个方面的内容组成。

(1) 配电网调度自动化。包括配电网数据采集和监控 (SCADA)、配电网电压管理系统、故障诊断和断电管理系统、操作票专家系统等。它是由中央处理机和远动装置等组成的配电网监控和数据采集系统，以辅助调度员做好配电网运行工作。

(2) 配电自动化。它包含变电站自动化和馈线自动化。

变电站自动化 (Substation Automation, 简称 SA) 包括配电所、开闭所自动化。它是利用现代计算机技术、通信技术将变电站的二次设备 (包括测量仪表、信号系统、继电保护、自动装置和远动装置等) 经过功能组合和优化设计, 利用先进的计算机技术、现代电子技术、通信技术和信号处理技术, 实现对全变电站的主要设备和输、配电线路的自动监视、测量、自动控制和微机保护, 以及与调度通信等综合性的自动化功能。实现变电站的自动化, 就取消了常规的监视和测量仪表、控制屏。

馈线自动化 (Feeder Automation, 简称 FA) 包括故障自动隔离和恢复供电系统, 馈线数据检测和电压、无功控制系统。主要是在正常情况下, 远方实时监视馈线分段开关与联络开关的状态及馈线电流、电压情况, 并实现线路开关的远方分合闸操作; 在线路故障时, 能自动的记录故障信息、自动判别和隔离馈线故障区段以及恢复对未故障区段的供电。

(3) 配电管理系统 (Distribution Management System, 简称 DMS) 包括配电网 SCADA、配电网的负荷管理功能 (Load Management, 简称 LM) 和一些配电网分析软件 (Distribution Power Application Software, 简称 DPAS), 如网络拓扑、潮流、短路电流计算、电压/无功控制、负荷预报、投诉电话处理、变压器设备管理等。

(4) 配电图资系统 (AM/FM/GIS)。配电图资系统是自动绘图 (Automatic Mapping, 简称 AM) /设备管理 (Facilities Management, 简称 FM) /地理信息系统 (Geographic Information System, 简称 GIS) 的总称, 也是配电系统自动化的基础。AM 一般是用数字化仪器将以城市街区地图为背景的配电网网络接线图及其供电区域, 按一定的规定输入到计算机中, 形成一种由数据支持的可检索的配电网地理位置数字地图。FM 是利用数字化地图及其数据库, 进行配电设备的管理。GIS 是为了获取、存储、检索、分析与显示空间定位数据而建立的计算机化的数据库管理系统。

(5) 需方用电管理 (Demand Side Management, 简称 DSM)。DSM 实际上是电力的供需双方共同对用电市场进行管理, 以达到提高供电可靠性, 减少能源消耗和供需双方的费用支出的目的。其内容包括负荷监控、管理和远方抄表、计费自动化两方面。

随着计算机网络技术、多媒体技术和信息集成技术的发展和运用, 配电自动化中的实时数据和历史数据库与配电管理系统及配电图资系统相结合, 进行信息集成, 构成完整的自动化系统, 也就是我们目前所说的配电系统自动化。

第三节 配电系统自动化的意义和目的

我国配电网自动化的发展是电力市场和经济建设的必然结果,长期以来配电网的建设未得到应有的重视,建设资金短缺,设备技术性能落后,事故频繁发生,严重影响了人民生活和经济建设的发展,随着电力的发展和电力市场的建立,配电网的薄弱环节显得越来越突出,形成电力需求与电网设施不协调的局面。

随着市场观念的转变和电力发展的需求,配电系统的自动化已经作为供电企业十分紧迫的任务。城市电网,从20世纪80年代就意识到配电网的潜在危险,并竭力呼吁致力于城市电网的改造工程,并组织全国性的大会对配电网改造提出了具体实施计划,1990年5月召开了全国城网工作会议,指出了城市配电网在电力系统的重要位置,要求采取性能优良的电力设备,以提高供电能力、保证供电质量。

配电网综合实施改造是实现配电系统自动化的前提,没有合理的电网结构、优良的设备是不可能实现配电系统自动化的。由于早期的配电网已经基本形成,只能在原有配电网的基础上进行改造,难度大,要力争达到高自动化的目的,做好统筹规划,从设备上符合现代城市的发展要求。因此,城市配电网电力设备的基本要求是技术上先进、运行安全可靠、操作维护简单、经济合理、节约能源及符合环境保护要求。

实现配电系统自动化的意义在于,有利于在配电网正常运行时,通过监视配网运行工况,优化配网运行方式;有利于在保证供电可靠性的前提下,确保电力用户用电的时效性,满足电力用户的供电需求;有利于满足和确保供电的质量,符合高新技术装备和居民家用电器的要求,避免高峰低谷,电压幅值和频率以及谐波对用户所产生的不良影响;有利于降低电网的损耗,提高网络的供电能力,减少用户的停电机率;由于采用了自动化设备,当配电网发生故障或异常运行时,能快速隔离故障区段,及时恢复非故障区域用户的供电,缩短对用户的停电时间,减少停电面积,这样就有利于提高设备的故障判断能力和自动隔离故障,恢复非故障线路的供电条件;有利于提高配电网设备的自身可靠性运行能力,大大地减轻运行人员的劳动强度和维修费用;由于实现了配电系统自动化,可以合理控制用电负荷,从而提高了设备的利用率;采用自动抄表计费,可以保证抄表计费的及时和准确,提高企业的经济效益和工作效率,并可为用户提供自动化的用电信息服务。

例如,山东省高密城区的供电可靠率指标通过配电自动化的改造和实施,可靠率由原来的96%提高到99.96%;城区配电网改造调整之前,城区10kV线路的线损率为2.67%,配网自动化工程实施之后,线损降为1.52%,下降了1.15个百分点;1999年供电量为30732.2万kW·h,按此计算每年节约电量为353.4万kW·h,节能效益按0.40元/(kW·h)计算,每年节约141.36万元。由于在配网自动化工程实施过程中,运用了大量新技术、新产品和免维护设备,并实现了环网供电,有效减少了事故、检修的停电范围,减少了停电次数和停电时间,可创造可观的社会效益和经济效益。每年按多供电50h计算,多供电量为175.4万kW·h,多供电效益为31.57万元。

实现配电系统自动化的主要目的是:

(1) 提高电网供电的可靠性。这是配电自动化最根本和最首要的目的。目前我国的供电可靠率还不能满足现代工业和居民生活用电的要求,与发达国家相比差距较大。通过城市电网改造,到“九五”末,全国大多数城市电网的供电可靠率 RS3 (不计限电) 应当达到 99.7% 以上,有一批城市电网供电可靠率 RS3 应达到 99.95% 以上,RS1 (计入全部影响停电因素) 达到 99.8%,争取部分供电企业达到先进水平,即 RS3 达到 99.98%、RS1 达到 99.9%。如果不采用配电自动化,要达到这个目标是根本不可能的。

(2) 提高配电网的供电质量和降低线损。目前,用电市场对供电电能质量提出了新的、更高的要求,所以提高供电质量和降低线损,也是城市电网自动化的重要目的。我国电网 1995 年的统计网损率为 8.77%,而世界经济发达国家的平均网损率仅为 3%~5%。国家电力公司提出 2000 年的目标是达到网损率小于 7.80%。以某城区供电局为例,该局年最高负荷约 150MW,年售电量约 8 亿 kW·h,如果能加强城网改造,合理进行网络配置及优化无功补偿,降低线损率 0.10%,经初步测算每年就可节省 300 万元以上。

(3) 提高用户满意的程度。供电部门除了在供电可靠性和电压质量上要使用户满意外,还应当使用户不为用电烦恼。例如,对实行分时电价制的用户,可利用配电自动化通道协助他们合理停用或投入一些耗能设备,既保证设备发挥作用,又可节约电费。所以,从某种意义上说,使用户满意才是城市电网自动化最主要的最终目的。

(4) 提高供电部门的劳动生产率。供电部门提高劳动生产率的途径是实现配电自动化,例如,变电站实现综合自动化后为实现无人值守创造了条件,配电线路的在线监测和遥控为及时提供线路运行状况,减少故障巡查和处理创造了条件,这些都有利于提高劳动生产率。当前我国配电网处于高速发展的时期,国家从政策上给予很大支持,具有相应的资金条件,但我国配电网仍处于方案的探索时期,特别是我国配电网的规模及覆盖面,市场之大是任何一个经济发达或发展中国家无法比拟的,而我国配电网的发展也是随经济发展同步进行的,我国的配电网与国外配电网有多方面的区别,不可能完全照搬,应该在吸收国外先进技术和设备的基础上,开展中国配电网改造和自动化的研究。

第四节 配电系统自动化的基本功能及实现原则

由于配电系统自动化所包含的功能太多,不可能用一个单一简单的方式来说明配电系统自动化所包含的各种功能。本书遵循以下三个分析原则来说明配电系统自动化的功能。原则一:把电网功能和用户功能区别开来;原则二:把在线功能和计划功能区别开来;原则三:把运行工作和维修工作区别开来。因此配电系统自动化的主要功能有:配电网运行和管理功能;运行计划模拟和优化功能;运行分析和维护管理功能;用户负荷监控和故障报修功能。

一、配电网运行和管理功能

(1) 配电网运行监视。对配电网的运行监视是指通过采集配电网上的状态量(如开关位置和动作情况等)和模拟量(电压、电流和功率等)及电能,从而对配电网的运行状况进行监视。

它包括配电网及变电站运行状态监视、电网拓扑结构监视、电网负荷监视、切换动作监

视、报警监视和设备越限运行的监视。

配电网及变电站运行状态监视能使电力公司随时掌握电网接线状况和负荷状况，也可帮助判明用户故障报修和管理现场工作班的地点。

电网拓扑结构监视是当高压/中压变电站或中压电网中的开关位置变化时，自动而且几乎是同时地更新网络拓扑结构。

电网负荷监视是对中压和低压电网的负荷提供最佳可能的估算，也能计算整个电网的电压和设备负载，并能检测出过负荷或电压问题。

切换动作监视是记录所有进入系统的工作内容，对每组切换动作的细节全都记录下来。

(2) 配电网运行的控制。对配电网的运行控制是指在需要的时候，远方控制开关的合闸或跳闸以及有载调压变压器的分接头，以达到所期望的目的（如满足电压质量的要求、无功补偿和负荷平衡等）。它包括就地自动控制和地区遥控。就地自动控制是仅需要就地信息而不需要知道电网接线状况就可进行控制的动作。它是由变电站的控制设备在就地实现的操作。如变电站变压器和馈线通过就地安装的各种继电保护装置或配电网线路上的分段断路器，通过本身安装的继电保护和重合闸装置实现自动跳闸或重合闸；变压器的有载分接开关、电容器的投切开关通过按远方整定的整定值就地自动控制切换或投切，都属于就地自动控制功能。地区遥控是协调各个就地功能的，它是由运行人员通过各类通道向设备发出投切的控制而完成操作的，也可以由运行人员通过流动终端站向现场工作班发出工作命令后再就地实现操作。

(3) 配电网的保护。配电网的保护功能是指检测和判断故障区段，并隔离故障区域，维持正常区域供电。

(4) 故障诊断分析与恢复供电。它包括用户故障信息的收集，根据用户故障报修对低压电网的故障进行诊断与定位分析，根据继电保护及断路器动作情况和故障检测器动作情况对配电网的故障进行诊断与定位分析，恢复供电操作和现场抢修的安排。

(5) 运行情况统计及报告。它包括维修资料、运行计划资料和管理控制资料，在配电网数据管理中的配电网运行动态数据中记录和更新。

二、运行计划模拟和优化功能

(1) 配电网运行模拟。它包括配电网负荷的估计、有功和无功潮流计算、倒闸操作的模拟（例如确定最合理的变压器分接头位置、电容器投切的整定、确定环网中开环点的最适当位置等）和事故的模拟计算。事故的模拟计算包括馈线的各种类型短路的计算和冷负荷起动的计算（冷负荷起动的计算是用于估计电网上重新接通的负荷值）。

(2) 倒闸操作计划的编制。它包括编制遥控或遥调操作命令及委派现场操作人员的操作任务的计划，对倒闸操作后可能影响用户用电的分析和及时通知用户等。

(3) 入网关口电量的计划和优化。根据配电网的负荷及潮流，合理安排各入网关口的电量，使购电成本最低，损耗最小，且又能保证供电质量。

三、运行分析和维护管理功能

主要是对配电网故障和供电质量反馈的信息进行运行分析（如控制装置及配电设备的误动作及故障分析、电网故障分析和电能质量分析等），以及根据设备状况进行维修计划的编

制, 制订打印工作任务单, 对维修工作的班组进行跟踪管理及对维修结果进行分析以得知维修的费用和效益。

四、用户负荷监控和故障报修功能

(1) 用户端负荷和电能质量的遥测。通过对用户端负荷的遥测, 可以了解该用户的负荷曲线和特性, 用于统计分析以建立负荷预测模型; 通过对电压、电流、三相不平衡度、电压偏移率、短时或瞬时断电以及谐波的测量, 可以诊断向用户供应的电能质量。

(2) 用户端负荷和表计的控制。根据与用户的合同遥控整定表计的参数, 可按日和季度不同电费的分时电价来调节用户用电量, 通过自动装置遥控用户的电热水器、大型空调机等分时投切, 使其随电价的变化而调节用电。在电网发生意外情况时遥控改变用户的电力供应整定值以实现有效的电力平衡等。

(3) 用户故障报修处理系统。它包括用户故障报修的自动应接记录和人工应接记录。将用户报修信息输入配电网地理信息系统, 为分析事故提供准确信息, 根据调度对事故的分析和处理估计向用户提供可能恢复供电的大致时间, 并列入话音处理装置, 作为对用户答应的内容之一。

目前, 配电系统自动化的功能还在进一步的完善中。

配电系统自动化的发展是电力发展到一定阶段的必然产物。随着电力市场及用电水平的提高, 配电系统面临着一场新的改革和发展, 配电系统自动化将进一步得到完善。但是配电系统自动化在中国仍然是一种新生事物, 必须采取科学的态度、实事求是的原则, 加强我国配电网自动化的研究, 因地制宜地进行配电网的改造。因此, 无论是大城市配电网还是小型城市、县级城市甚至农村配网, 在实施配电系统自动化过程中应考虑采取以下几个原则:

(1) 统筹考虑, 全面规划。主要是需密切结合配电系统建设改造规划, 同步制订配电系统自动化规划, 同时要同步考虑通信规划, 以确保数据和信息的快速通畅传递, 既利于快速监视控制, 又利于信息共享。

(2) 分析现状, 优化设计。自动化规划必须从现状出发, 分析地区配电网的实际应用情况, 如本地区配电网结构、设备状况、现有自动化程度、现有负荷及其发展趋势(数量及用电性质、用电特性、对供电可靠性和电能质量要求等), 找出本地区配电网存在的问题, 本着实事求是的精神, 立足国情和网情。在此基础上, 进行优化设计并确定分期具体目标。要充分注意自动化系统的标准性、开放性、集成性、可扩充性、安全性和可维护性。

(3) 因地制宜, 分步实施。我国各地经济基础不同, 发展很不平衡。可先粗略地分为几类, 并制订出自动化功能的基本配置, 各城市进一步制定实施细则和具体方案。由于各城市经济发展水平不同, 配电网及其自动化程度当然也不同, 所以各城市首先要实事求是地正确定位, 然后根据当地的实际, 恰当选定自动化的功能配置和装置配备, 构成符合实际的、切实可行的、有效益的配电系统自动化规划。制订规划后, 要有计划地分步实施, 并应先作试点, 经技术上、效益上和经济上的综合评估后, 再作改进, 然后逐步推广。切忌一哄而起, 造成浪费。

(4) 信息共享, 增强效益。远方通信是自动化的关键技术, RTU 要符合配电网分布(散)式的特点, 通信方式应考虑通信功能强、误码率小、速度快、符合远方实时监控功能

的方式。主要是要完善通信系统,使信息能快速通畅传递,使一个信息能多方使用、多重效益,既解决在线实时监测控制,又可为离线的管理工作发挥作用;既可为供电企业所用,又可为用户服务增加功能和效率;既可为当时的运行、检修所用,又可作为历史资料档案,以备统计分析研究及长期规划所用。若与管理信息系统经过接口联通后,还可为各级领导所用。

(5) 充分利用,适当改造。计算机应用软件的开发,首先选择具有开放、兼容的操作平台,对各种标准的数据库应具有连接功能,地理信息应实时地反应配电系统的潮流及负荷情况、对事故记录及信息反馈;可实现负荷控制、远方抄表、设备数据库统计及规划、无功优化的理论计算等。计算机软件功能是配电系统自动化的核心,好的软件可充分体现出技术和自动化的水平,应充分比较。还应充分利用现有的自动化设施及其软件。对非标准系统,可通过必要的转换接入标准系统(要开发接口),尽量延长可用期限,切忌大拆大换。

(6) 领导重视,专业协作。配电网自动化是一项综合性工程,涉及的专业多,领导重视是配电系统自动化工作取得实效的关键,领导要协调各专业工作,组织好各专业的密切协作,尽力避免不应有的预算、缺口和重复。

第五节 国内外配电系统自动化的发展概况

在一些工业发达国家中,配电系统自动化受到了广泛的重视,国外的配电系统自动化已经发展到运行管理综合自动化的阶段。其配电自动化技术的发展大体经历3个阶段。第一阶段是局部馈线自动化阶段,这一阶段的研究主要围绕着馈线自动化。美国、日本从20世纪50年代开始,应用重合器、分段器技术,实现馈线故障自动定位、隔离及非故障区段恢复供电。日本研制出在配电线上采用自动隔离故障区,并向健全区(无故障区)恢复送电的按时限顺序送电装置。第二阶段是监控自动化阶段,这一阶段主要是应用计算机技术对配网实现远程监视与控制。日本是配电自动化发展得比较快的国家,它在20世纪60~70年代研究开发了各种就地控制方式和配电线开关的远方监视控制装置;20世纪70年代后半期开始利用计算机构成自动控制系统。第三阶段是运行、管理综合自动化阶段,在此阶段主要是研究实现配电系统综合自动化。IEEE在1988年出版了配电自动化教程,正式提出配电自动化概念。20世纪80年代后期,地理信息系统开始应用于配电网的管理,出现了自动绘图和设备管理系统。目前是离线管理系统与实时SCADA/DA系统集成,进入配电网监控与管理综合自动化阶段。日本从20世纪80年代到现在已完成了计算机系统与配电设备配合的配电自动化系统,在主要城市的配电网路上投入运行。其中大规模的配电自动化系统可控制4000个以上的中压开关,中小规模的也可控制1500个中压开关。到1986年,全国9个电力公司的41610条配电线路已有35983条(86.5%)实现了故障后的按时限自动顺序送电,其中2788条(6.7%)实现了配电线开关(指柱上开关)的远方监控(包括一般的和计算机监控)。英国伦敦电网公司,从1988年起安装了3500套监控终端,实现了配电网监控及故障管理,目前已经有58%的配电线路实现了自动化;美国纽约长岛电力公司,从1994年起实施配电自动化工程,安装配电终端装置850套;1995年起,韩国先后投运各种配电自动化系统200多

套,有45%的线路实现了自动化。

新加坡公用电力局(PUB)在20世纪80年代中期投运并且在20世纪90年代加以发展和完善的大型配电网的SCADA系统,其规模最初覆盖其22kV配电网的1330个配电站,目前已将网络管理功能扩展到6.6kV配电网,进而覆盖约4000个配电站。

芬兰“Espoo Sahko”电力配电公司的配电自动化覆盖了该公司的85000个用户、8座110/20kV的一次变电站、1100km的20kV馈电线和1400个20/0.4kV的配电变电站。

香港港灯公司的3000多个中压开关全部可以遥控;香港中华电力公司1998年起实施配电自动化工程,先后安装监控终端6000多套。韩国、台湾地区于20世纪90年代也完成了局部配电系统的馈线自动化,并建立了自己的配网自动化实验网络。

还有一些国家如比利时、丹麦、法国、西班牙、意大利、葡萄牙、美国等也都实现了负荷控制和管理自动化。

一些著名电力系统设备的制造厂家基本都涉足配电自动化领域,如德国西门子公司、法国施耐德公司、美国COOPER公司、摩托罗拉公司、瑞士ABB公司、日本东芝公司、韩国现代集团、晓星集团等,均推出了各具特色的配电网自动化产品。

从国外配电自动化系统采用的通信方式看,尚没有一种通信技术可以很好地满足于配电网自动化所有层次的需要。在一个配电自动化系统内,往往由多种通信技术组合成综合的通信系统,各个层次按实际需要采用合适的通信方式。

在日本,由于无线电通信频段大都被电台占用而很难得到保证,日本在配电自动化系统中,基本不采用无线电通信。光纤因处在发展阶段,目前只在一部分地方使用。比较普遍的是利用通信电缆和配电线路来传送信号。而在欧美等国,却广泛采用无线寻呼通信网络和有线通信相结合的方式。

目前使用较多的配电网信号传送方式有音频控制方式、音频电流传送方式和位相脉冲方式。利用专用电话线或CATV有线电视电缆,采用屏蔽双绞线(RS485)、光导纤维等方式,也是广泛采用的配电自动化通信方式。UHF和VHF电台、调频广播(FM)和调幅广播(AM)多用来用作负荷监控的信道,无线扩频和一点多址微波通信大多用于配网自动化的通信主干线。

国外的配电自动化的发展经历了从各种单项自动化林立,号称为“多岛自动化”的配电网系统,向开放式、一体化和集成化的综合自动化方向发展的过程。目前已经具有相当的规模,并且从提高配电网运行的可靠性和效率,提高供电质量,降低劳动强度,充分利用现有设备的能力,缩短停电时间和减少停电面积等方面,均带来了可观的经济效益和社会效益。

目前国外正致力于配电自动化专家系统和配电网仿真培训系统等研究,并且在研究通过负荷分配的优化来减少网损,对变压器负荷进行管理,以最大限度地利用变压器容量并降低系统有功损耗,以及按即时电价对用户负荷进行管理。

随着我国国民经济的飞跃发展和人民生活水平的不断提高,广大电力用户对电力供应、供电可靠性和供电质量等要求越来越高。以往我国发电和配电投资的比例为1:0.12,大大落后于先进国家1:(0.6~0.7)的投资比例,原有的配电网的现状,已远不能适应国民经济发展的要求,加速电网的建设和对老旧电网的改造,特别是提高配网自动化水平是我国城网建

设和改造工作的重点之一，全国电力系统城市供电专业工作网早已认识到这个问题的严重性及其紧迫性，因此，专业网于1994年将配网自动化工作列为全网工作的重点，全国主要电力部门也相继开展这项工作。供电部门和部分制造厂家积极协作，研制并生产了适于我国国情的柱上开关、监控器等配网自动化设备，并很快挂网试运行。配电系统自动化的试点工作也在各地区开展起来，并不断地积累经验，在发展中逐步完善。

广州电力局的配网自动化试点工作较早，并成立了配网自动化工作小组，在7个10kV开关坊实现了遥测（电压、电流、功率因数、电量等）和遥信（主要是故障信息自动报警，在微机上显示；缩短故障信息传递时间）。开展了抄表自动化，对用户和局内各关口表通过程控电话自动抄表，提高了抄表的效率和准确性，并为查窃电、线损分析等提供了依据。

上海市是以市东供电局为配网自动化试点单位，配网自动化的建设与浦东新区的整体规划和发展同步进行。对配电自动化系统做了全面规划，提出了功能要求、实施原则和目标。在线路上，短路故障指示器、重合器，带自动操作机构的环网开关等均有应用。金桥开发区信合房地产开发公司，1996年安装了美国柯柏公司生产的重合器3台，中间配手动操作的环网开关柜，在一个环网内试运行，达到了馈线自动化的基本功能要求。1994年上海浦东金桥金藤开发区实施了配网自动化工程，第一期工程采用法国施耐德集团生产的PR环网开关柜9台，基本达到了遥控、遥信和遥测的目的。

北京供电局在前门地区3条10kV配电线路上，安装了10台以引进日本东芝技术生产的具有自动化功能的柱上真空开关设备。无锡供电局和重庆电业局重点搞了负荷监控装置。南京供电局在试点线路上应用了故障指示器，并进行了CAN总线通信方式和数据载波通信方式的试验。沈阳电业局于1995年安装了10台丹阳生产的柱上真空开关，采用有线控制。绍兴安装开闭所、柱上开关、环网柜监控终端2000多套，基本覆盖了整个城区、郊区配电网。济南安装各种终端500多套，实现了城区重要线路的监控，到目前为止已经成功隔离5次线路故障。

银川城区配电自动化系统全部采用自行研制的国产设备，采用馈线RTU、配变RTU和建立在Windows 95、Windows NT平台上的先进的计算机网络系统，运用SQL Server大型数据库系统，并采用有线通信和无线通信相结合的综合数据通道，而且充分利用银川地调的已有资源，实现了配电网中30余条进线、几十条馈线和七个开闭所及小区变的全面监控，取得了大量经验，该系统已于1998年8月20日通过国家电力公司组织的技术鉴定，达到国内领先水平。这是我国第一套通过技术鉴定的配电自动化系统，它标志着我国城网改造进入了一个新的阶段。

从设备制造水平的角度看，国内不少企业已成功地研制出能够满足配电自动化要求的产品，比如可靠的柱上真空开关、重合器、馈线开关远程终端（FTU）、变压器测控单元（TTU）、开闭所、小区变远程终端（RTU）、配电网地理信息系统（GIS）、负荷监控系统、配网管理信息计算机网络、智能式电度表及远方抄表计算机系统，以及各种数据传输设备（DCE）等。因此，从技术上讲实现配电自动化已没有任何困难，但仍面临两个问题：其一是供电企业应根据自己实际情况，对配电系统自动化实行总体设计和统一规划，结合实际，认真评估，有序地逐步实现。其二是输电网自动化的许多成熟技术虽然可以借鉴，但配电自