

GONGPEIDIAN XITONG  
ZIDONGHUA SHIYONG JISHU

# 供配电系统 自动化实用技术

汪永华 李端超 | 编著  
王正风 汪胜和



中国电力出版社  
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

# 供配电系统 自动化实用技术

GONGPEIDIAN XITONG  
ZIDONGHUA SHIYONG JISHU



ISBN 978-7-5123-0780-3



9 787512 307803 >

定价：28.00元

上架建议：电力工程

# 供配电系统 自动化实用技术

汪永华 李端超 | 编著  
王正风 汪胜和



中国电力出版社  
CHINA ELECTRIC POWER PRESS



## 内 容 提 要

本书共分 10 章,较系统地介绍了供配电系统自动化的基本知识及其实际应用,内容包括供配电系统自动化概述、电网自动化通信基础、远动终端 RTU 装置原理及应用、变电站综合自动化、数字化变电站、集控站自动化系统、地区电网调度自动化系统、配电自动化技术及应用、广域测量系统在电网安全运行中的应用、安全自动控制系统等。

本书可供从事供配电系统自动化设计、运行与维护的技术人员和管理人员阅读,也可供从事供配电自动化设备科研和制造的技术人员阅读,还可作为高等院校和职业院校相关专业的师生参考。

### 图书在版编目 (CIP) 数据

供配电系统自动化实用技术/汪永华等编著. —北京:中国电力出版社, 2010.8

ISBN 978-7-5123-0780-3

I. ①供… II. ①汪… III. ①供电-电力系统-自动化技术  
②配电系统-自动化技术 IV. ①TM72

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 162092 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>)

航远印刷有限公司印刷

各地新华书店经营

\*

2011 年 1 月第一版 2011 年 1 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 15.125 印张 368 千字

印数 0001—3000 册 定价 28.00 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



# 前 言

供配电系统自动化是利用现代电子、计算机、通信及网络技术,将供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,实现供配电网及其设备在正常运行及事故状态下的监测、保护、控制、用电配电管理的现代化。配电自动化是一项投资大、范围广、技术构成复杂、实现周期长的系统工程,是有关配电网规划、设计、建设和运行等各方面的系统工程。

我国电力工业已经进入大电网、大机组、高电压、高自动化的发展时期。在当今的电力系统中对供配电系统自动化程度要求越来越高,特别是现在供配电系统联网规模越来越大。在供配电系统中引入微电子技术、软件技术、网络技术的控制系统势在必行。这样的控制系统可靠性高,易于安装维护,节能,占用空间少,动作迅速。集成化、智能化和综合化是未来配电自动化的发展趋势。

本书较系统地介绍了供配电系统自动化、电网自动化通信基础、远动终端 RTU 装置原理及应用、变电站综合自动化、数字化变电站、集控站自动化系统、地区电网调度自动化系统、配电自动化技术及应用、广域测量系统在电网安全运行中的应用、安全自动控制系统等内容。希望这些内容能对广大读者有所帮助,也诚挚希望与各位专家学者共同关注我国配电自动化的发展和技术走向,探讨实施过程中遇到的问题,以促进配电网自动化技术的快速发展,提高配电自动化系统的投入产出比,使配电自动化系统既适应我国国情又能创造出巨大的效益,全面推动配电自动化系统的技术进步。

本书由汪永华、李端超、王正风、汪胜和编著,为本书编写提供帮助的还有黄太贵、忽浩然、黄皖。全书由汪永华负责统稿。

本书作者在编写过程中,查阅了大量的资料,参考和引用了有关书籍的部分内容,谨向这些作者表示衷心的感谢。由于配电自动化涉及面广(计算机、通信电子、网络、地理信息、开关、电源等),但在实施配电自动化过程中仍面临一些技术难点,加之编者水平有限,书中难免有不妥和错误之处,恳请广大读者批评指正。

编 者  
2010.11

# 目 录

## 前 言

|                                      |     |
|--------------------------------------|-----|
| <b>第 1 章 供配电系统自动化概述</b> .....        | 1   |
| 1.1 供配电系统自动化的概念 .....                | 1   |
| 1.2 供配电系统自动化的意义和目标 .....             | 7   |
| 1.3 国内外供配电系统自动化的发展概况.....            | 11  |
| 1.4 信息技术在供配电管理中的应用.....              | 14  |
| 1.5 我国电力系统继电保护的技术进步及展望.....          | 20  |
| 1.6 PLC 技术在供配电系统自动化中的应用 .....        | 22  |
| <b>第 2 章 电网自动化通信基础</b> .....         | 25  |
| 2.1 数据通信基本概念.....                    | 25  |
| 2.2 网络基础.....                        | 34  |
| 2.3 电网自动化通信传输规约.....                 | 43  |
| <b>第 3 章 远动终端 RTU 装置原理及应用</b> .....  | 50  |
| 3.1 远动终端 RTU 概述 .....                | 50  |
| 3.2 RTU 功能 .....                     | 51  |
| 3.3 RTU 基本结构 .....                   | 53  |
| 3.4 “四遥”基本原理 .....                   | 54  |
| 3.5 D20 型 RTU 装置简介 .....             | 57  |
| <b>第 4 章 变电站综合自动化</b> .....          | 70  |
| 4.1 概述.....                          | 70  |
| 4.2 变电站综合自动化系统功能.....                | 76  |
| 4.3 变电站综合自动化的结构及模式.....              | 77  |
| 4.4 变电站综合自动化系统测试.....                | 81  |
| 4.5 变电站内电磁干扰.....                    | 85  |
| 4.6 典型变电站综合自动化系统介绍.....              | 87  |
| <b>第 5 章 数字化变电站</b> .....            | 108 |
| 5.1 概述 .....                         | 108 |
| 5.2 数字化变电站概念 .....                   | 110 |
| 5.3 基于 IEC 61850 的变电站自动化系统整体方案 ..... | 116 |
| 5.4 数字化变电站的优点 .....                  | 119 |
| 5.5 数字化变电站自动化系统发展中的主要问题 .....        | 120 |

|                                      |     |
|--------------------------------------|-----|
| <b>第 6 章 集控站自动化系统</b> .....          | 122 |
| 6.1 概述 .....                         | 122 |
| 6.2 集控站自动化系统功能 .....                 | 122 |
| 6.3 集控站自动化系统模式 .....                 | 123 |
| 6.4 集控站 SCADA 系统功能 .....             | 125 |
| 6.5 系统性能指标 .....                     | 135 |
| 6.6 集控站微机“五防”主站设计 .....              | 135 |
| 6.7 集控站自动化系统典型配置图 .....              | 136 |
| <b>第 7 章 地区电网调度自动化系统</b> .....       | 138 |
| 7.1 概述 .....                         | 138 |
| 7.2 地调调度自动化系统应用功能 .....              | 139 |
| 7.3 地区调度自动化工程技术方案 .....              | 139 |
| <b>第 8 章 配电自动化技术及应用</b> .....        | 169 |
| 8.1 概述 .....                         | 169 |
| 8.2 配电网 SCADA 系统 .....               | 174 |
| 8.3 馈线自动化系统 .....                    | 180 |
| 8.4 配电自动化终端 .....                    | 185 |
| 8.5 配电地理信息系统 (GIS) .....             | 188 |
| 8.6 配电自动化工程实例 .....                  | 191 |
| <b>第 9 章 广域测量系统在电网安全运行中的应用</b> ..... | 195 |
| 9.1 电网广域测量系统 .....                   | 195 |
| 9.2 广域测量系统用于系统功角稳定监测 .....           | 205 |
| 9.3 广域测量系统在电压稳定分析中的应用 .....          | 212 |
| <b>第 10 章 安全自动控制系统</b> .....         | 215 |
| 10.1 概述.....                         | 215 |
| 10.2 频率电压紧急控制装置.....                 | 215 |
| 10.3 稳定控制装置.....                     | 220 |
| 10.4 备用电源自投装置.....                   | 224 |
| 10.5 失步解列装置.....                     | 230 |
| <b>参考文献</b> .....                    | 235 |



# 第 1 章

## 供配电系统自动化概述

### 1.1 供配电系统自动化的概念

#### 1.1.1 配电系统自动化

##### 1.1.1.1 配电系统自动化概述

电力系统是由发电、变电、输电、配电、用电等设备和技術组成的一个将一次能源转换为电能的系统。供配电是直接面向电力用户的环节，由一次设备（包括馈线、降压变压器、断路器、互感器、避雷器、绝缘子、母线和各种开关等）、继电保护、自动装置、测量和计量仪表以及通信和控制设备构成一个配电系统，按一定的规则运行，以高质量的电能持续地满足电力用户需求。所谓配电网是指 35kV 及以下的电网，通常把 10kV 以上、35kV 及以下电压称为高压，10kV 电压为中压，380V、220V 电压称为低压。相比于输电网而言，配电网具有设备多、T 节点多、线路分布稠密、负荷随意性大等特点。

配电网是连接具体用户和供电企业的纽带，配电网的质量、可靠性、经济性均关系到每个电力用户、供电企业的经济利益和生产、生活安全稳定，既是经济问题，又是社会问题。近年来，国家加大城市电网和农村电网改造的力度，使配电网的线路和设备质量有了明显的改善，同时也为提高配电网的自动化程度创造了条件。

西方发达国家早在 20 世纪 70 年代就提出了配电网自动化的概念，80 年代末开始推广应用配电自动化技术。90 年代以来，欧美一些国家先后开放电力市场，实行电力私有化，由于各电力企业忙于进行体制转换，配电自动化技术实施一度放缓。目前，为了降低运营成本，改进供电可靠性，提高供电质量，提高售电量和增加经济效益，各电力企业正加紧开展配电自动化的试点工作，并进行了实用化推广。配电自动化成为电力自动化的一门热点技术。

所谓配电系统自动化，就是利用现代电子、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在正常运行及事故状态下的监测、保护、控制，实现用电和配电管理的现代化。配电自动化是现代信息技术在配电网控制与管理中的应用，它是一个综合性的计算机系统，系统的数据、信息应该共享，各项功能之间应该互相配合。

配电自动化系统又称为 DA/DMS 系统，其中，DMS (Distribution Management System) 是配电管理系统，DA (Distribution Automation) 是配电自动化。

配电管理系统 (DMS) 是指用现代计算机、信息处理及通信等技术和相关设备对配电网的运行进行监视、管理和控制。它是配电自动化系统的神经中枢，整个配电自动化系统的



监视、控制和管理中心，主要功能有数据采集和监控（Supervisory Control and Data Acquisition, SCADA）、配电网运行管理、用户管理和控制、自动绘图/设备管理/地理信息系统（Automatic Mapping/Facility Management/Graphic Information System, AM/FM/GIS）等。

配电管理系统是配电技术中更新最快的一个领域，其内容包括数据采集与监视控制系统、馈线自动化系统、地理信息和设备管理系统（GIS）、故障报修应答系统、自动抄表系统等。这些系统通常有不同的组合，并可与离线的管理信息系统集成。未来的配电自动化系统发展的趋势是：发展建立在开放式计算机平台上的综合配电自动化系统，以实现配电系统的数据采集监视、无功自动调节、故障隔离、设备管理、负荷控制以及用电管理等功能。同时，还可以与其他离线的管理系统和信息系统交换共享信息资源。

配电自动化技术发展到今天，其内容可以分为四个方面：

- (1) 馈线自动化（Feeder Automation, FA），即配电线路自动化。
- (2) 用户自动化。这与用户需求管理含义是相通的。
- (3) 变电站自动化。它常常是输电和配电的结合部，因此，这里是指变电站自动化中与配电相关的部分。
- (4) 配电管理自动化，其中包括网络分析。

目前在我国，一般可将配电网综合自动化分为电能管理自动化、设备管理自动化、线路运行管理自动化、变电站综合自动化等。

#### 1.1.1.2 配电自动化系统的构成

配电自动化系统一般由系统主站、各系统的二级主站、前置机（本地监控代理）、分布式采集控制终端即配电自动化远方终端 DA-RTU（线路 FTU、多功能电能表等）四个层次组成，各层次之间通过通信网络进行信息交换。

配电自动化主站是配电自动化系统的控制与管理中心，是对各个子系统进行综合管理的信息汇集中心。它一般采用客户机/服务器（Client/Server）结构、三层结构和基于 WEB 方式，以数据库为信息中心，以 SCADA 系统和 GIS 系统作为基本平台，配合各种应用软件完成 DA/DMS 的功能。它负责将二级主站各个子系统和本地前置机的数据收集上来进行分析处理，并为其他各二级主站提供信息共享，管理员和操作人员还可以通过操作平台进行信息查询或通过管理代理进行远程监控。

配电自动化二级主站是配电自动化系统的中间层，主要用于完成一定区域内配电网馈线自动化、负荷管理、电能采集和用户管理、配电监测等各个子系统的功能，并作为通信节点，向主站转发各个前置机从远方 RTU/FTU 或其他智能装置采集的数据，同时完成命令信息的下传功能。

前置机是一个本地化的监控站，负责对本地各节点的线路 FTU 或 RTU 进行实时监控，负责对本地数据的存储和转发，一般是发送到上一级的二级主站。必要时可以直接发送到本地上一级的主站系统。前置机既可以作为一级管理代理，也可以独立工作。

配电自动化远方终端单元 DA-RTU 分为安装在变电站、台式变压器、开闭所的站内 RTU（或 UI）及安装在线路上的 FTU 设备。DA-RTU 与配电自动化前置机或二级主站通信（必要时还可与主站直接进行通信），提供配电系统运行控制及管理所需的数据，执行主站给出的配电设备的监测、控制、调节命令。

配电自动化系统的监控对象具有点多、分散的特点，通信系统一般采用主干通道与分支

通信网相结合的结构。远方采集控制终端与前置机之间的通信一般由音频线 Lon works、RS485 总线方式、数字微波、扩频电台、光纤 MODEM、同轴电缆、电力线载波。从国内外的使用经验和国内经济技术发展的水平来看,使用电力线载波作为支网络的通信媒介、使用光纤通信网络(光纤环网)作为干线通信媒介的方式是性价比最高的。

### 1.1.1.3 配电自动化的功能和作用

(1) 配电自动化的功能。根据配电自动化系统发挥的作用,配电自动化的功能包括配电网数据采集与监控,故障管理(故障定位、隔离及自动恢复供电功能),电压及无功管理,负荷管理,图形资料系统(AM/FM/GIS),自动抄表及用电管理等。根据功能的实时性进行划分,把配电网在线实时监测、控制及调节功能称为配电自动化(DA)功能,而把离线的用于维护用电的管理功能称为配电管理(DMS)功能。

#### (2) 配电自动化的作用。

1) 减少停电时间,提高供电可靠性。据统计,故障和计划检修是造成停电的两个主要原因。传统电网结构一般采用辐射状配电方式,线路中间没有分段开关,在线路上某一处故障或进行线路检修时,会造成全线停电。现在城市供电网的发展方向是采用环网“手拉手”供电方式,并用负荷开关将线路分段。这样首先可以做到分段检修,避免因线路检修造成全线停电,而利用馈线自动化系统,实现线路故障区段的自动定位、隔离及健康线路的自动恢复供电,可缩小故障停电范围,大量减少用户的停电时间,提高供电可靠性。

2) 提高供电质量。馈线自动化系统可以实时监视线路电压的变化,自动调节变压器输出电压或投切无功补偿电容器组,保证用户电压质量。

3) 改善用户服务质量。改善故障时对用户的应答能力,迅速处理用户申诉,为用户查询及电费计量提供方便,提高用户的服务质量和用户的满意度,可以多售电,提高电力企业的经济和社会效益。

4) 降低电能损耗。优化网络结构及无功配置,合理配置电力用户的线路负荷,加强电力企业的用电管理,使变压器、线路能够经济运行,减少配电变损、线损和管理损耗,提高电力企业的利润率。

5) 提高设备利用率,延长基本建设投资周期;减少备用容量;有效地调整负荷,削峰填谷,提高设备利用率。

6) 提高电力企业决策能力,节省总体投资。实施配电自动化,既能够迅速、实时地获得配电网线路和厂站设备的运行状态与用户用电负荷情况,进行实时故障分析和运行调整优化,还能够全面有效地对历史数据进行综合分析,给电力企业管理者提供检修、扩容、设备改造所需要的科学依据,提高决策的准确性和合理性,减少投资的盲目性,降低电力企业的运行维护费用。

虽然进行配电自动化建设的投资是比较大的,但从长远来看总体上可节省投资,提高电力企业的管理质量和社会、经济效益。

## 1.1.2 配电系统自动化硬件设备

### 1.1.2.1 线路设备

配电系统自动化线路设备包括线路监控终端(Feeder Terminal Unit, FTU)、配电开关(联络开关、负荷故障隔离开关)、断路器、重合器、电容器组、调压装置、多功能电能

表等。

(1) FTU。FTU是安装在馈线上的智能终端设备，可以与远方的主站通信，将配电设备的运行数据发送到主站，还可以接受主站的控制命令，对配电设备进行控制和调节。FTU的功能主要有遥测、遥信、遥控、电能计量、自诊断和自恢复、远方修改定值等。

1) 遥测。可采集各种配电设备（如配电变压器、配电开关、电缆、电容器及智能仪表等）的模拟量。如：整点记录存储三相电压、三相电流和功率因数等数据，记录每天电流和电压的最大值及其出现的时间，监测配电变压器的有功功率、无功功率和视在功率，电能脉冲，断路器及熔断器状态，断路器的弹簧储能等。

2) 遥信。可采集各种遥信信号，包括电缆或架空线接地或短路故障信息；高、低压开关位置变位信号；高、低压熔断器熔断故障，配电变压器过负荷，配电变压器位置信号等。

3) 遥控。可输出多路遥控命令，如断路器及其他的配电设备的控制、负荷控制、电容器组的投切、变压器有载分接开关控制等。

4) 电能计量。记录有功和无功电能。

5) 自动诊断和自恢复、远方修改定值。可对装置自动监测，失电后自动初始化，从而保障系统的正常工作。具有通信接口，可以远方修改设定值，如配电变压器过负荷定值和时延等数据。

(2) 配电开关。配电开关主要有两类，一类是作为环网中联络开关使用的，这些开关在正常状态打开，网络开环运行，进行故障隔离或网络重构时，联络开关可根据重构的路由关闭作闭环运行。另一类是作为负荷和故障隔离开关使用的，正常时这些开关闭合，给开关下端的电力用户正常供电，当其线路发生过负荷、短路（相间短路）、接地（单相对地、多相接地）、断线（单相或多相）、线路保护设备断开时，这些负荷隔离开关也相继断开，线路经过故障隔离和网络重构后，无故障段的负荷隔离开关将通过遥控或人工方式闭合，给无故障段的用户供电，有故障段的负荷隔离开关则打开。有时将负荷开关与隔离开关分开，隔离开关主要是指具有明显开断点，用于通过有电压而无负载的线路；而负荷开关一般接通或断开负载电流、空载变压器、空载线路和电力电容器组。如果与熔断器配合使用，还可替代断路器切断线路的过载及短路故障。开关分为柱上开关、台式和多路组合开关。柱上开关用于架空线路，一般一进一出；而台式、多路组合开关柜是用于地下电缆环网，一般为一路进线、一路出线，若与网络上其他节点构成环网时也可一路进线、多路出线。

(3) 断路器。断路器用于接通或断开有载或无载线路及电气设备，以及在发生短路故障时，自动切断故障或重新合闸，能起到保护和控制两方面的作用。高压断路器是高压配电装置中的重要电器，高压断路器按灭弧介质的不同主要有真空断路器、六氟化硫（SF<sub>6</sub>）断路器和少油断路器等。

(4) 重合器。重合器是一种自动化程度很高的电气设备，它可以自动监测通过重合器主回路的电流，当确认是故障电流，并持续一定的时间后，按时限保护自动断开故障电流，并根据要求多次自动重合，向线路恢复送电。如果故障是瞬时性的，重合器重合后线路恢复正常供电；如果故障为永久性故障，重合器将完成预先整定的重合次数（通常为3次）后，确认线路故障为永久性故障时，则自动闭锁，不再对故障线路送电，直至人为排除故障后，重新将重合器合闸闭锁解除，恢复正常状态（当有分段器时，由分段器隔离故障）。重合器在开断性能上，与普通断路器相比，具有多次自动重合闸的功能。在保护控制特性方面，比普

通断路器的“智能”高得多，能自身完成故障检测、判断电流性质、执行合闸功能，并能恢复初始状态、记忆动作次数，完成合闸闭锁等。

(5) 电容器组。电容器组用于调节线路的感性负载，使线路保持合理的无功功率。

(6) 调压装置。调压装置用于保证线路的电压质量，调节变压器的负荷电压等级，如降压减载等。

(7) 多功能表。多功能表能对三相交流电的电压、电流、功率因数、有功功率、无功功率、用电量、变压器的油温、三相不平衡情况等进行监测，并通过红外、RS232、RS485 进行数据传送。

#### 1.1.2.2 厂站设备

配电系统自动化厂站设备包括 RTU、机房监控单元、录像设备等。RTU 是设在变电站、开闭所、配电室内的数据采集控制设备，从功能讲，与 FTU 的功能接近，但两者也有一些区别，见表 1-1。RTU 的主要功能是对站房内的各种电气设备的模拟量和状态量进行监测，对控制量进行控制，对需要调节的电气设备进行遥调。

表 1-1 配电系统自动化 RTU 与 FTU 的区别

| FTU                                    | RTU                      |
|--|--------------------------|
| 体积小，数量大，可安置在户外馈线上                      | 安装在变电站、开闭所、配电室内          |
| 抗高温，耐严寒，适应户外恶劣的环境                      | 一般在户内，对环境要求高             |
| 数据量小，通信速率较低，可靠性要求较高，有的 FTU 无通道，要人工采集数据 | 数据量大，通信速率较高，可靠性要求高，有专用通道 |

#### 1.1.2.3 通信设备

配电系统自动化通信设备包括光通信设备、数传电台、数字微波、有线载波机、配网电力线数字载波机、音频调制解调器、路由器、交换机、异步访问服务器、多串口适配器等。目前光纤通信主要应用在电力主干网，配电自动化的数据传输主要靠光端机的数据接口板（2MB、64KB 数据通道）、网络适配板（X.24）提供。

#### 1.1.2.4 计算机设备

计算机设备包括服务器、台式机、工控机等。

### 1.1.3 配电系统自动化软件简介

#### 1.1.3.1 主站系统

(1) 主站软件平台。主站系统采用 Windows NT4.0 操作系统、Microsoft SQL Server6.5 等大型商用数据库、Delphi4.0、VB 等开发工具，具有良好的安全性和很强的数据处理能力，界面友好，易于使用，可扩展多媒体功能。

(2) 系统功能。

1) 遥测。

a. 自动巡测。配电控制中心计算机每天定时对各 FTU 终端进行数据自动巡测，采集配电网设备的电压、电流、功率因数等数据。

b. 手动遥测。可以随时手动采集任一 FTU 装置的数据。

2) 一场故障报警和配电网动态着色。当线路接地或短路，配电开关跳闸，10kV 或 400kV 熔断器熔断，配电变压器过负荷或负荷运行时，FTU 将故障信息回传给配电控制中

心。并且，可以自动显示故障线路及相关配电网的拓扑结构图，停电区段可以动态着色。通过监控系统，可以很方便地设置报警的上、下限值，如配电变压器过负荷和轻负荷、过电压和低电压、报警延时等。

3) 故障定位。当架空线或电缆故障时，FTU 自动将故障信息发送到配电控制中心，由监控系统综合分析，指出故障位置。

4) 配电网自动重组。当配电系统发生故障时，监控系统能快速定位故障，并根据配电网的拓扑结构，遥控配电开关，自动隔离故障，恢复非故障区段的送电。

5) 统计功能。统计内容包括：①每路 400V 开关的跳闸次数；②10kV 出线的故障次数；③配电变压器失电压次数；④供电可靠率、负荷率、最大不平衡率；⑤每天的最大、最小电流和电压及其出现的时间；⑥电能表的用电量；⑦供电时间、超电压时间、欠电压时间以及电压合格率。

6) 远方抄表和电能计量。记录有功和无功电能量、分时电量统计、更换电表等。

7) 曲线和报表。提供面向对象的报表生成工具，具有用户二次开发功能和按用户要求自动生成报表的功能。

a. 曲线。提供电压、电流、有功功率、功率因数等参数的日潮流曲线，以及日负荷曲线图和月负荷曲线图。

b. 报表。电压、电流、有功功率、功率因数的日报表和月报表；配电变压器过负荷、轻负荷、过电流等报表；遥信事件报表。

8) 打印功能。包括：①召唤打印，可瞬时召唤打印各种曲线和日报表、月报表；②重复打印；③屏幕硬拷贝；④瞬时打印故障报表。

9) 查询和编辑功能。

a. 查询和编辑设备信息。如配电变压器和柱上开关的安装地点、线路编号、配变容量、TA、TV 的变比等。

b. 查阅故障信息。可根据站点、故障类型等方式查阅有关故障统计信息。

10) 口令保护。修改系统配置或运行参数，都有完善的口令保护。

11) 系统维护。

a. 对时。能调整配电控制中心的时钟，并校正 FTU 终端的时钟，使它与主站保持一致。

b. 备份数据。将硬盘中的数据复制到其他存储器（光盘或移动硬盘）中保存。

c. 恢复数据。可以将备份的数据拷贝到硬盘中。

d. 输入和编辑遥信和遥控点列表。

e. 输入和编辑站房设备信息。

12) 数据共享功能。

a. 实现配电控制中心计算机网络实时数据真正共享，新信息自动网上广播，工作站信息自动刷新。

b. 可以与 GIS、MIS 和 EMS 系统接口，共享数据资源。

### 1.1.3.2 二级主站

(1) 二级主站的功能。

1) 基本的 SCADA 监控功能。

2) 馈线自动化功能。主要完成故障定位，故障线段隔离以及非故障线段的自动恢复

供电。

3) 根据 RTU、FTU 检测到的零序电流值, 实现接地故障选线、定位功能。

4) 数据转发和规约转换。按标准规约转发所辖区域 RTU、FTU、变电站自动化系统以及其他智能装置如配电变压器测试仪、自动读表终端的数据。

5) 在线进行二级主站及自动装置的控制方式字、参数, 如故障检测定值、RTU/FTU 配置参数等的设置和修改。

(2) 配电自动化二级主站设备方式。

1) 作为小区内配电网集控站。二级主站作为小区内的集控站时, 与小区内所有变电站系统、RTU、FTU 通信, 完成小区内馈线自动化功能, 完成小区内变电站集中监控及数据转发功能。这种方式的优点是变电站自动化与馈线自动化系统可以实现软硬件资源的共享, 系统的独立性和实时性好; 缺点是系统配置复杂, 二级主站数据处理量大。该方式不适用于已经实现变电自动化的情况。

2) 作为小区馈线自动化主站。二级主站作为小区内馈线自动化控制主站时, 完成线路设备的监控及故障定位、自动隔离及恢复供电功能。这种方式下二级主站不包含变电站监控功能, 变电站自动化系统或 FTU 数据直接送上级主站, 二级主站系统数据处理少, 构成简单。二级主站的故障管理功能需要变电站出线开关的配合, 它要与变电站自动化系统或 RTU 通信或通过上级主站转发数据, 实现对出线开关的监控。因此, 通信配置较为复杂。

(3) 配电自动化二级主站应用。在一个小区内设置一个配电自动化二级主站, 能够独立实现小区配电网馈线自动化功能, 二级主站与上级主站通信, 转发必要的信息, 可以实现小区配电网的 SCADA 监控功能。这样, 利用已有的上级调度自动化主站就可以完成配电网自动化功能, 达到提高供电可靠性及供电质量的目的。这一方案的优点是不需要建设一个复杂的 DA/DMS 主站就可完成配电自动化功能, 具有投资少、见效快的优点。由于二级主站相对独立, 可以分批、分片逐步实施整个配电网的自动化。因此, 该方案特别适用于希望先进行配电网自动化试点, 然后逐步推开的地区。

使用已有的调度自动化作为上级主站完成配电网监控功能的方案有一定的缺点, 如果已有的调度自动化主站开放性比较差, 就会造成不易于将来扩展配电管理功能。解决方案是设立一个专门的配电网 SCADA 主站系统, 而 SCADA 主站技术比较成熟, 实现起来也比较容易。不过在实施配电网 SCADA 时, 应注意保持系统的开放性及其可扩展性, 以便将来较方便地增加配电管理功能。

对于有条件一次性建设 SCADA/DA/DMS 主站的电力部门来说, 设置二级主站仍然是有益的。首先, 它能够减少主站的数据处理数量, 提高系统响应速度; 其次, 主站故障不影响各子系统的运行, 提高了系统可靠性。此外, 二级主站还可以作为数据集中器, 转发小区内 RTU、FTU 及其他自动装置的数据, 从而优化通信通道配置, 降低通信网的投资。

## 1.2 供配电系统自动化的意义和目标

### 1.2.1 现代社会对输配电技术的要求

#### 1.2.1.1 现代社会对输电系统的要求

(1) 经济性。在满足输送大容量电力或电力网互联的技术要求的同时应尽可能降低输电

系统的造价。

(2) 可靠性。输电系统的设备和线路的可靠性应满足整个电力系统可靠性的要求。随着电力系统规模的扩大和电压等级的升高, 输电系统事故的后果将更加严重, 因此对输电系统的可靠性要求也将不断提高。

(3) 环保性能。输电系统必须满足环境保护的要求, 把线路和变电所可能产生的电磁干扰、静电感应、噪声、电磁场生态效应以及对景观的影响降低到标准规定的水平以下。环境保护的要求已经成为新建输电系统的最主要的制约因素。公众对输配电系统产生的工频电磁场对人的健康可能产生有害影响的疑虑, 已成为一些国家输配电发展的主要障碍。关于长时期工频电磁场作用可能产生的生态效应, 全球的科学家对此进行了大量的研究, 目前尚未找到对人体健康有害的明确证据。由于此问题极其复杂, 研究工作仍在继续。尽管未能得出肯定或否定的结论, 为了消除公众的疑虑, 有些国家对电磁场的限制也作了严格的规定。

(4) 输电效率。要尽可能地降低输电的损耗。

(5) 充分利用线路走廊等输电资源, 最大限度节约土地资源。

#### 1.2.1.2 现代社会对配电系统的要求

作为直接向最终用户提供电能供应的关键环节, 配电系统在整个电力系统中的作用越来越重要, 所占的投资比例也逐年增加。配电系统的发展趋势是:

(1) 负荷密度日益增加, 高压线路直接进入市区。

(2) 电能质量的要求日益严格。随着计算机系统、可编程控制器、微电子设备等敏感设备的广泛采用, 用户对电能质量要求越来越高。谐波、闪变、电压骤降等均可能导致信息系统破坏、产品质量下降, 从而造成用户的重大损失。

(3) 可靠性要求越来越高。供电网可靠率的先进水平已达到 99.99% 以上。配电系统一旦出现事故, 要求尽可能缩小停电范围和时间, 保证重要用户不间断供电。

(4) 采用紧凑型的设备和布置。出于改善城市景观的要求和线路走廊的限制, 城市配电网线路和变电所地下化的趋向。紧凑型变电站的设计、共用管道的利用成为城市配电网的规划和设计需要考虑的重要问题。

(5) 电压等级简化, 以利于简化配电网的结构、降低损耗、增加可靠性和便于管理。随着供电负荷密度的增大, 倾向于将 10kV 等级升格为 20kV。

### 1.2.2 我国配电自动化的基本特点和存在的问题

#### 1.2.2.1 我国配电自动化的基本特点

(1) 我国的配电网已经基本形成, 实现配电自动化只能在现有配电网的基础上进行改造, 难度大, 要协调各方面工作, 包含城市规划等。

(2) 配电自动化是新技术在配电系统的综合应用, 包含电网接线方式、电源布局、电气开关设备、电力电子技术、计算机技术和软件、通信技术等, 涉及专业多, 相互间有严格的接口关系。

(3) 我国配电网主要以架空配电为主, 在城市和新开发区, 采用电缆供电方案, 配电网线路短, 结构复杂。各地的配电网情况不一样, 没有标准的方案可以套用, 需要结合实际条件决定。

(4) 人们对配电自动化技术的认识程度需要有个过程, 自动化的目标和真正的需求需要

一致, 过高要求会导致大量资金的投入, 投资和经济效益的不协调, 而要求过低会失去自动化目的和意义。

(5) 配电自动化方案对投资的影响较大, 要实现一个合理、完善的符合地方经济发展要求的配电网, 是多方面因素决定的, 在设计时应综合考虑各种技术的发展和成熟程度, 结合电网的实际需要和经济技术指标等。

### 1.2.2.2 我国配电自动化存在的问题

配电网的发展是随城市建设规模及用电负荷迅速增长和供电可靠性要求而提出的, 由于城市规划与电力的条块分割, 形成了不相适应的管理模式, 使配电网规划及发展不适应城市的需求, 突出反映在如下几点:

(1) 配电网电源点落后于城市建设的发展。由于城市规模和商业的建立, 电源点容量及电能输出受到限制, 尤其是配电线路的传输通道。

(2) 缺乏好的规划。改革开放以来, 城市建设速度加快, 负荷增长率高, 但电力配套建设不及时, 输电线路半径小, 线路长, 瓶颈效应比较突出, 电能输不出去, 往往因此引起停电事故。

(3) 出线通道与城市规划不相适应。有的地方改用地下电缆, 施工及投资不允许; 采用架空导线, 环境条件受限; 有的采用绝缘导线, 网络复杂较为普遍。

(4) 供电方案优化不够, 电网结构复杂, 环网联络节点较多。绝大多数是单电源供电, 在故障条件下, 网络重构功能不能实现。

(5) 设备设施差, 技术性能不能满足电网运行的要求。早期建设的线路导线细、年久失修, 高能耗设备多, 线损率高, 由于导线半径小及无功缺额较大, 线损大, 个别地区配电网损耗达到30%, 一般地区在15%~20%, 造成能源大量浪费和环境污染。

(6) 供电可靠性和电能质量差。由于配电网投资不足, 设备老化和技术性能低劣, 供电事故频繁, 往往是一点故障引发全线甚至大面积停电事故。城市繁华地段、重要场所的用户停电, 会影响社会治安及市场经济。

### 1.2.3 配电自动化的意义

配电自动化是电力系统发展的必然趋势, 实现配电自动化的意义在于: ①电网正常运行时, 通过监视配电网运行工况, 优化配电网运行方式; ②当配电网发生故障或异常运行时, 能迅速查出故障区段及异常情况, 快速隔离故障区段, 及时恢复非故障区域用户的供电, 缩短用户的停电时间, 减少停电面积; ③合理控制无功负荷和电压水平, 改善供电质量, 达到经济运行目的; ④合理控制用电负荷, 提高设备利用率, 实现节能降耗; ⑤自动抄表计费, 保证抄表计费的及时和准确, 提高了企业的经济效益和工作效率, 并可为电力用户提供自动化的用电信息服务等。

在我国目前国情下实现配电自动化对提高供电可靠率意义还不大, 实现配电自动化的社会效益还是很明显的。配电网短路故障的一个最大害处就是突然停电, 而电网建设与改造、业务扩展、线路分接、配网检修都是可以人为控制并预报的。即使故障发生, 如单相接地、设备故障处理、电杆撞断等, 此时供电并未中断, 可视情况的严重程度, 提前1~2h进行预报, 然后停电处理。突然停电的害处众所周知, 从政治上来说, 特别对于作为政治、经济、文化中心的城市, 突然停电很可能造成非常恶劣的政治影响; 在某些政治事件中, 停电会被人们误认为政局不稳定, 造成混乱。从安全和经济上来说, 化工企业、冶金企业突然停电,



会使化学锅炉或管道爆炸,使冶金锅炉凝结,造成重大的财产损失和人身伤亡事故;对于投资环境来说,突然停电产生的种种恶劣影响,被认为是投资环境欠佳,影响招商引资,从而阻碍了本地区的经济发展。这些都说明实现配电自动化的社会效益十分巨大,是社会大环境对供电企业的要求,是供电企业走向竞争的必然条件,实现配电自动化十分必要。那么,在目前市场经济条件下,在供电企业资金有限的情况下,想要合理的运用资金、正确处理好企业效益与社会效益的关系,就要为配电自动化列出方案,并逐步实施。

配电自动化系统通常都设计成开放的积木块式结构,因此可以采用分期实施的策略。在建设初期可以先控制在适当的规模和实现基本的功能,然后根据需要逐步扩容和全面实现期望的功能,这样既能够获得收益,又便于实施。如可先实现对于进线变电站和开闭所的数据采集与监控,然后再扩展到对馈线上分断开关的远方测控,逐步实现远方抄表和负荷控制等功能,最终全面实现配电自动化。

#### 1.2.4 配电自动化的基本目标

(1) 通过配电自动化工程的实施,改进和完善配电网结构,达到优化网络接线,提高配电网系统的供电能力和供电可靠性。

(2) 要实现配电自动化,配电网结构稳定和电源可靠是关键,好的设备是必备条件。提高配电自动化首先要解决配电网设备的技术性能,提高设备的自身可靠性,快速实现故障隔离,恢复非故障线路的供电,确保供电的质量和可靠性。

(3) 实现系统故障诊断,对故障的处理和恢复,提高故障查询效率,减轻劳动负担,将配电网事故损失的范围减少到最低程度。

(4) 配电系统优化应合理,调整负荷,实现对电网的经济运行管理,负荷平衡和合理经济调度、负荷分配,优化网络潮流,做到电力经济运行具有显著作用。电网无功的优化线损计算,采取无功就地补偿,提高功率因素,降低电网损耗。

(5) 配电自动化借助于计算机技术的应用、GIS等高级软件应用,对配电系统进行实时监控,对配电网的信息通过通信方式进行采集和处理,从而提高管理系统的规范化管理能力和水平,提高配电网运行和服务能力。

#### 1.2.5 发展变电站综合自动化的必要性和可行性

##### 1.2.5.1 变电站综合自动化的必要性

(1) 发展变电站综合自动化是电网发展的需要。随着电力网向大机组、大容量、高电压、大电网的方向发展,电网的工作安全性、可靠性将变得越来越重要。电网越大,运行方式变化越多,用电设备对供电可靠性的要求越加严格,其对停电时间要求极短,因而靠传统的人工方法监视表盘指示掌握电网运行,靠人工抄表记录数据,已不能适应安全、可靠的供电要求。特别是当电网发生事故时,面对故障处理,运行人员甚至束手无策,以致造成巨大的经济损失。

(2) 发展变电站综合自动化是现代管理水平的需要。目前,有些变电站设备已相当陈旧老化,潜伏着事故隐患,更新换代迫在眉睫。因而,应尽量地创造条件,加大科技投入,采用新技术、新工艺、新设备,提高运行设备的科技含量,提高设备运行、管理的自动化技术,把“科学技术才是第一生产力”真正落到实处,借以提高企业的经济效益。

(3) 发展变电站综合自动化是当前企业体制改革的需要。目前,企业的体制改革已到攻