

配电网自动化 开关设备

苑舜 王承玉 海涛 陈勇 编



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

配电网自动化 开关设备

苑舜 王承玉 海涛 陈勇 编



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

内 容 提 要

本书首先从配电网系统运行的角度论述了配电网自动化面临的具体问题,对如何才能使配电网自动化可靠工作进行了讨论,其次介绍了配电网自动化现状和对配套开关设备的选择原则,然后对配电网自动化开关设备进行了全面介绍。本书从配电网系统需求到设备选择进行了较全面的阐述,建立了以需求为主导的配电网自动化建设理念,对配电网自动化发展及其配套开关设备的选择和可靠运行意义重大。

本书可作为电力系统运行管理人员和技术人员的参考书,也可作为高等院校、配电自动化研究单位的参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

配电网自动化开关设备/苑舜等编. —北京:中国电力出版社,2007

ISBN 978-7-5083-5007-3

I. 配... II. 苑... III. 配电系统-自动开关
IV. TM727

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 150347 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

各地新华书店经售

*

2007 年 4 月第一版 2007 年 4 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 14.5 印张 354 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

配电网自动化在国际上有很多方式,所需要的开关设备也各不相同。在国内,许多配电网自动化之所以在运行中出现问题,不但与配电网管理有关,更与配电网自动化设备选择,尤其与开关设备的选择有直接的关系。

本书第一章对配电网自动化的基本概念及基本组成进行了介绍,同时阐述了配电网自动化的意义和配电网发展及规划,最后对国内配电网自动化面临的问题和实施步骤进行讨论,目的是明确配电网自动化的基础和概念,以便更好地了解配电网自动化的设备。第二章介绍了配电网的运行方式,同时对基础型配电网自动化、分步智能型配电网自动化、集中控制型配电网自动化进行详细介绍,目的是能从系统角度考虑设备。第三章介绍了配电网自动化开关设备的选型原则,并对配电网自动化开关设备的要求进行说明,然后对配电网自动化开关设备机构与自动控制设备的配合进行分析,形成整体的选型理念和基础。第四章对架空线路的配电网自动化开关设备及其应用进行全面介绍,其中包括柱上断路器、柱上负荷开关、真空自动配电开关、重合器和分段器,最后对配电网自动化开关设备应用进行了探讨。第五章对电缆线路的配网自动化开关设备及其应用进行了详细的介绍,其中包括环网柜和预装式箱式变电站,为电缆网的配电自动化建设和维护提供详细的设备分析资料。第六章详尽地介绍了配电网自动化开关设备控制装置、电源及附件,其中包括配电网自动化开关控制装置的技术基础的论述,以及具有就地功能的配电网自动化开关设备控制装置,具有远方功能的配电网自动化开关设备控制装置、远传控制装置的通信设备和配电网自动化开关设备的电源及附件。第七章对配电网自动化开关设备的标准和试验进行介绍,其中包括常规型式试验项目、自动重合器的特殊试验、自动分段器的特殊试验、负荷开关的特殊试验、负荷开关—熔断器组合电器的特殊试验、环网柜的特殊试验和预装式箱式变电站的特殊试验。

本书第一、二、三章由苑舜编写;第四章由海涛编写;第五章和第七章由王承玉编写;第六章由陈勇编写,全书由苑舜整理完成。在本书编写过程中有不少专家提出了宝贵的建议和意见,在此一并表示感谢。

由于时间仓促和水平所限,疏误与不足之处在所难免,衷心希望各位专家、读者批评指正。

目 录

前言

第一章 概述	1
第一节 配电网自动化的基本概念及基本组成	1
第二节 配电网自动化的意义	8
第三节 配电网自动化发展简述及规划	11
第四节 国内配电网自动化现状和实施步骤	14
第二章 配电网自动化的运行模式	22
第一节 配电网的运行方式	22
第二节 基础型配电网自动化	29
第三节 分步智能控制型配电网自动化	41
第四节 集控型配电网自动化	46
第三章 配电网自动化开关设备的选型原则	49
第一节 配电网开关设备的发展及性能分析	49
第二节 配电网自动化开关设备的一般选择原则	53
第三节 配电网自动化开关设备的特性要求	58
第四节 配电网自动化开关设备操动机构与自动化控制装置的配合	62
第四章 架空线路的配网自动化开关设备及其应用	72
第一节 柱上配网自动化开关设备的发展	72
第二节 柱上断路器	76
第三节 柱上负荷开关	80
第四节 真空自动配电开关	84
第五节 重合器	90
第六节 分段器	94
第七节 配网自动化开关设备应用的探讨	97
第五章 电缆线路的配网自动化开关设备及其应用	101
第一节 环网柜	101
第二节 高压/低压预装箱式变电站	140

第六章	配网自动化开关设备控制装置、电源及附件	159
第一节	配网自动化开关控制装置的技术基础	159
第二节	具有就地功能的配网自动化开关设备控制装置	168
第三节	具有远方功能的配网自动化开关设备控制装置	179
第四节	远动控制装置的通信设备	191
第五节	配网自动化开关设备的电源及附件	196
第七章	配网自动化开关设备的标准和试验	200
第一节	常规型式试验项目	200
第二节	自动重合器的试验特点	204
第三节	自动分段器的试验特点	208
第四节	负荷开关的试验特点	211
第五节	负荷开关-熔断器组合电器的试验特点	216
第六节	环网柜的试验特点	219
第七节	预装式箱式变电站的特殊试验	221
参考文献		226

第一章 概 述

配电网自动化 (distribution network automation, DNA)、配电系统自动化 (distribution system automation, DSA) 或配电自动化 (distribution automation, DA) 的概念一直处于百家争鸣状态, 在没有国家权威标准规范之前, 本章将从概念入手进行论述。

第一节 配电网自动化的基本概念及基本组成

配电网管理系统及配电网自动化与其他概念的区别需要详细说明, 但由于配电网许多都处在交叉状态, 真正分清界限确实很难, 尤其中国各地区的配电网也不一致, 所以, 对配电网自动化概念的明确更有难度, 下面以《城乡电网建设改造新技术与新设备应用手册》为依据加以论述。

配电管理系统、配电自动化与需求侧用电管理同属于实现计算机监视、控制和管理功能的配电管理系统 DMS (distribution management system), 其定义和功能范畴不如 EMS (energy management system) 那样简单明确。首先, 从电力系统的分层来看, 就不能简单地归纳为输电系统和配电系统, 实际上中间还有一层子输电系统 (sub-transmission system)。我国大部分地区级的供用电电网都具有这个特点。反映到二次监控系统上来, 它们所装备的系统并不是监控采集控制系统/分散控制系统 SCADA (supervisory control and data acquisition) /DMS (distribution management system), 而是没有自动发电控制 AGC (automatic generation control) 功能的 SCADA/EMS。如果这个地区调度所还兼管市区调度的话, 则只有 SCADA/EMS/DMS 才能胜任此任务了。

就市区级的配电网自动化而言, 学术界和工业界广为引用的配电管理系统 DMS、配电自动化系统 DA (distribution automation) 与需求侧用电管理 DSM (demand side management) 都与配电网的自动化有关。但由于定义不明确, 功能有交叉, 也着实使不少读者感到困惑。造成这种现象的原因, 主要是 DMS 不像能量管理系统 EMS 那样是一个基本远动化的纯供方的输电管理系统。节点数量极大的配电网不可能全部远动化, 这就需要采取一些有别于 EMS 的措施来保证配电网的安全运行。此外, DMS 对负荷的控制也不像 EMS 的自动发电控制 AGC 那样直接与供方设备打交道, 它仅能做到“表前控制”。只有通过实施 DSM 计划, 调动需求侧参与用电管理的积极性, 才能实现最终的“表后控制”。上述这些原因, 使得在 DMS、DA 和 DSM 之间必然产生某些功能的互补和交叉。如用于故障定位、隔离和自动恢复供电的柱上断路器或是用于网损管理的静止补偿装置, 其控制器一般均备有“远动”、“自动”和“人工”等功能。“自动”就像继电保护那样作为单项 DA 设备, 按事先整定好的条件就地自动运作。“远动”时则改由调度中心的 MDS 根据全网情况进行远方控

制。这里，显然已难划清 DA 和 DMS 的界限，就更不用说 DMS 中密不可分的负荷管理 LM (load management) 和 DSM 的关系了。

DMS 的研究与开发起步较晚，这虽然可以吸收不少 EMS 的开发经验和成熟技术，但面临既成事实的“多岛自动化”局面，学术界和工业界在统筹解决配电网自动化问题上要取得共识，仍需一定时间。可欣慰的是，20 世纪 90 年代开放系统和面向对象技术的兴起，正有力地推动着多岛自动化加快系统集成的步伐。

一、配电管理系统 DMS

配电管理系统和能量管理系统均为电力系统的安全、经济和优质运行服务，且可使用相同的支撑平台，并具有某些类似之处。但由于输电网和配电网之间，无论是一次系统接线还是二次系统装备都有许多差别，这就导致两者应用上的一些不同。

(一) 配电管理系统的特点

配电控制中心的 DMS 与输电控制中心的 EMS 相比，有一些类似之处，但也有较多不同特点。

DMS 与 EMS 的类似之处是：

(1) 两者均通过 RTU 来收集电网中设备的状态和测试值，并实现监视控制的远方操作——SCADA 功能。

(2) 两者均具有基于彩色屏幕显示的图形用户界面 GUI。

(3) 两者均具有自动控制功能。但 EMS 控制的是发电设备 (AGC)，DMS 控制的是用电负荷。

(4) 两者均具有计算机辅助调度的高级应用软件，但内容和方法却不尽相同。

(5) 两者均存储有历史数据，供制表、检索和分析历史事件。

(6) 两者均能和其他计算机应用系统 (如管理信息系统 MIS) 相连，共享数据和应用成果。

但由于两者存在一次接线和二次设备的差别，使得 DMS 具有更多不同于 EMS 的特点。这些特点是：

(1) 典型的配电网多为辐射形结构。

(2) 配电网的许多设备 (如分段器、重合器、补偿电容器、调压变压器等) 是按配电线路长度安放的，往往装在电线杆上，而不像输电网的设备 (如断路器、静止补偿器等) 一般都是放在变电站内。

(3) 配电网内要求安装 RTU 的数量，通常比相连输电系统所需的数量要多一个数量级 (10 倍)。

(4) 一处配电网设备的总数据量 (如线路调压器上所采集的三相运行工况参数)，约比一个输电变电站的数据量少一个数量级。

(5) 配电网的数据库规模，一般比所连输电网的数据库 (千级) 大一个数量级 (万级)。

(6) 配电网内大多数的现场设备都是人工操作，而不像输电网中大多数的现场设备可以远方控制。

(7) 配电网的网络接线变化，常常发生在出事地点而不是在开关安装处。如由于交通事故而碰断某相线路，这样的接线变化就很少会发生在输电网上。

(8) 配电网设备名目繁多，数量极大，且面临经常变动的需求侧负荷，检修更新频繁。

因此设备管理和规划设计任务较输电网繁琐。

(9) 配电网除供方的设备外, 还连有大量需求侧的用电设备, 有时还有包括联合循环发电在内的自备电源。不像输电系统那样, 基本上全是供方的发、输、变电设备。

(10) 承担传输数据和通话任务的配电网通信系统, 由于包含有各种类型的负荷控制和远方读表装置而具有多种通信方式的特点。但其通信速率, 由于配网不考虑系统的稳定问题而不如输电系统要求那样高。

下面分析 DMS 的功能时, 我们将可看到: DMS 的这些特点, 使其在许多方面与 EMS 有很大的不同。

(二) 配电管理系统和功能

能量管理系统中, 我们常用 SCADA/AGC/PAS 来概括其主要功能。对于配电管理系统的主要功能, 也可用 SCADA/LM/PAS/ (AM/FM/GIS) 来表示。其中, 电力应用软件 PAS (power application software) 则分别称为 EMS 应用软件和 DMS 应用软件。AM (automated mapping) 为自动绘图。FM (facilities management) 为设备管理, GIS (geographic information system) 为地理信息系统。

现就配电管理系统的主要功能分述如下。

1. 配电网的 SCADA 功能

配电网的 SCADA 系统, 包括通过传统的变电站 RTU 收集配电网的实时数据, 进行数据处理以及监视控制等功能。此外, 和 EMS 不同, 配电网的 SCADA 系统还包括有沿线分布的面向现场的 FTU (现场或馈线终端装置), 用以实现馈电线自动化的远动功能。

DMS 通过 RTU 所监视控制的配电变电站设备有:

- (1) 断路器和开关设备状态;
- (2) 重合闸开合状态;
- (3) 带负荷调整变压器的插头位置;
- (4) 静补电容器组;
- (5) 数字保护装置的整定值位置等。

DMS 通过 FTU 所监视控制的馈电线路设备有:

- (1) 线路重合器的整定和状态;
- (2) 分段器和柱上断路器状态;
- (3) 静补电容器组;
- (4) 电压调整器位置状态等。

关于配电网的 SCADA 功能, 还有两点说明:

(1) 面向现场的 FTU, 大都是由无变送器的直接交流采样原理构成的, 且具有抗高温、耐低寒等适应现场恶劣环境的能力。

(2) 由于配电网的节点数量较大, 难以全部实现远动化 (如为数众多的馈电线路, 就不可能全部装上由分段器、重合器所组成的故障定位、隔离和自动恢复供电系统), 因此, 许多监控点的数据采集和控制操作, 只能通过移动电话由调度员和现场人员配合完成。即使装有自动化设备的线路, 如果不具备通信能力, 也只能就地自动运行, 而不能进行远方操作。

2. 配电网的负荷管理 LM 功能

负荷管理提供控制用户负荷, 以及帮助控制中心操作员制定负荷控制策略和计划能力。

其中,削峰和降压减载为其主要的两个功能。此外,DMS 应用软件中估计负荷的预报模型,以及在操作培训模拟 DTS 上按地区或按系统对控制方案进行评估研究的功能,也属于负荷管理的范畴。

前面已经提到,和 EMS 的 AGC 不同,配电网的 LM 由于涉及到需求侧的用电设备,通过监视和表后控制对用户设备进行直接控制。

3. 表前控制

降压减负荷即为典型的表前控制,它监视辐射形馈电线路的末梢电压,在保证此电压不低于极限值的前提下,通过降低该馈电线路的电压来达到减轻系统负荷的目的。此外,紧急状态下的切断馈电线路(拉路限电)也是一种极端情况下的表前控制。

4. 表后控制

用于削峰目的的表后控制,是指用户对需求侧用电设备直接进行控制。由于它与需求侧用电管理 DSM 关系十分密切,因此,应分别从供方和需求侧两个角度来加以叙述。从供方来看,主要是通过装在用户侧的负荷控制终端(这也是一种面向现场的 FTU,按照供需双方协议直接控制某部分负荷,或对制冷电热设备等周期性负荷实行周期供电)。如这些设备具有调控功能,还可以通过改变其偏置值来压低负荷。从需求侧来看,主要是根据供方所提供的分时激励电价,由需求侧在电费较高的时段内自行压低负荷。

不管采用哪种机制,DMS 的负荷管理均应具有以下监视和控制功能。

首先,应对变电站馈电线路的复合进行监视,以验证是否达到正常或紧急运行状态下所要求压低的负荷水平。其次是监视各个开关的状态,这是当负荷管理采取补救措施时所必须知道的系统配置信息。

控制功能应能分别对各个用户进行控制。在正常或紧急状态下,根据事先制订的负荷控制方案,切断有关的用户负荷,以压低整个系统、变电站或馈电线路的负荷水平。此外,还应能切换表计的整定值,并取回分时电价的电表记录,以适应分时电价的运行机制。

5. 配电管理系统的高级应用软件功能

和能量管理系统的高级应用软件类似,我们把与配电网分析有关的应用软件称为高级应用软件,以便和 SCADA/LM 等应用相区别。

由于配电网不涉及系统稳定和调频这类问题,其主要任务是保证安全可靠供电、分配好负荷、搞好负荷/无功管理等,乍看起来似乎比输电系统简单,其实不然。由于配电网具有三相不平衡以及辐射形接线等特点,给应用软件带来不少新问题。如 DMS 网络分析的关键工具和 EMS 一样都是潮流程序,它为研究电网现在、未来、乃至过去的工况提供一个基础。但为了精确地模拟配电系统,配电网潮流具有一些不同于输电网潮流的特性。它要求使用详细的元件模型并能模拟平衡和不平衡系统,辐射形、网络性和混合型系统,通过使用静态数据补缺的办法来代替靠操作员和现场人员的电话联系来跟踪这些数据的变化。这种遥测数据的结合,不可避免地会发生两侧误差。可见,DMS 比 EMS 更加需要使用状态估计技术来对这些数据进行预处理,尽管这种面向配电网的状态估计和潮流一样,要比面向输电网的状态估计复杂得多。除此以外,面向第一线各式各样的用户的配电网,碰到的个性问题较多,很难归纳出几个应用程序来统一解决配电网的所有问题。因此,当前配电管理系统的高级应用软件主要分成以下三个层次来开发:

(1) 基本应用软件,如网络拓扑、状态估计、潮流、短路电流、电压/无功控制、负荷

预报等。

(2) 派生应用软件, 如变电站负荷分配、馈线负荷分配、按相平衡负荷等。

(3) 专门应用软件, 如小区负荷预报、投诉电话处理、变压器设备管理等。

6. AM/FM/GIS 系统

配电网的 AM/FM/GIS 隶属于 GIS 地理信息系统, 因此, 有的文献称之为 GIS。但较为多见的叫法是 AM/FM/GIS, 也有称之为图资系统的。

标明有各种电力设备和线路的街道地理位置图, 是配电网用来管理和维修电力设备以及寻找和排除设备故障的有力工具。早先, 这些图形资料完全是由人工建立的: 从行政部门取得一定精度的街道地图后, 由供电部门标上各种电力设备和线路的符号, 并相应建立各种电力设备和线路的技术档案。现在这些工作已完全计算机化了, 这就是 AM/FM/GIS 系统。

当代的 AM/FM/GIS 系统, 已远不仅是在标有电力设备和线路符号的地理图上, 进行设备技术档案的登录和检索; 而是在设备管理的基础上, 增加了不少面向电网运行的新功能, 一改 GIS 传统的离线应用面目, 为实时应用提供了基础。这些功能主要有:

(1) 拓扑网络着色。电力系统作图软件的一个最重要的特性就是绘制电路接线图。GIS 具有跟踪检查电路连接情况的能力, 并用不同颜色表示是否带电、接地等。

(2) 自动动态连接。用户可以在电路接线图上任意投切一个或多个电路, 图形数据库和拓扑网络着色将随之自动更新。

(3) 小区分割处理。在地理图上用多边形任意圈定一个小区 (如城区、纳税区等), GIS 将对该区有关对象 (如用户、电线杆、变压器以及城建规划等) 统计列表, 供用户查询用。这对小区负荷预报应用软件极为有用。

(4) AutoCAD 双向接口。有的 GIS 开发厂家 (如 GSI), 就是以著名的通用作图软件 AutoCAD 为支撑环境来开发其专用产品的。它为用户系统提供双向接口, 允许来自 AutoCAD 和 GIS 的图形以标准的 DXF 格式输入到用户系统。反之, SCADA 的实时信息也可映射到 GIS 上来。

(5) 跳闸事件报告。当电网发生跳闸事件时, GIS 将向用户提供一份清单, 列出受其影响的用户、变压器和线路等, 并根据这些信息生成相应的报告和图纸。

(6) 能接入第三方软件。这是表征 GIS 开放性的一个重要功能, 也是 GIS 和用户的开放系统能够实现无缝集成的必要条件。

上述的这些功能, 为 AM/FM/GIS 与 SCADA/LM/PAS 的系统集成创造了条件。实时系统可直接使用 GIS 所生成的具有地理背景的网络接线图, 而设备管理系统则可以从 SCADA 中获取实时信息, 以提高管理系统的动态性能。

二、配电自动化 DA

配电自动化 DA 主要是指变电站自动化和馈电线自动化。由于这些自动化兼有远动化的能力, 因此也可看成是 DMS 基础自动化的重要组成部分。既然涉及到远动, 必然与通信方式有关。而 DMS 由于终端量大面广, 且种类繁多, 需对通信统筹安排, 优化使用问题, 这就使得 DA 包括配电网的多种通信方式在内。

(一) 配电网的多种通信方式

通信系统是为传送控制和数据信息服务的, 因此, 必须与控制系统的数

应。

和能量管理系统不同，配电管理系统中增加了一层量大面广、面向现场的 FTU（变电站综合自动化中称为间隔级单元 Bay Unit），用于对变电站中的电力设备，馈电线路上的分段器、重合器、调整变压器、电容器组，以及用户表计和负荷的监视与控制。其数据流结构如图 1-1 所示。

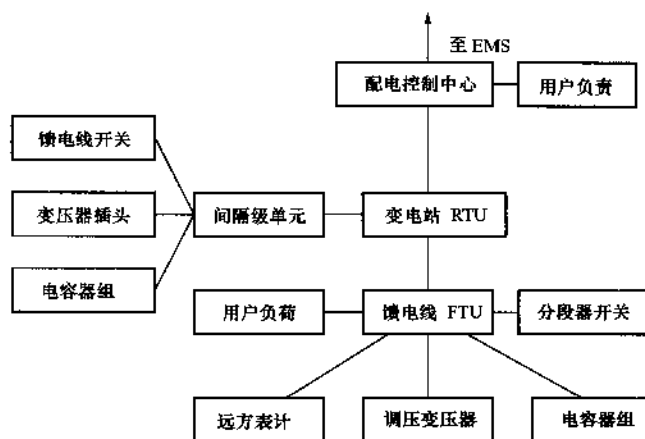


图 1-1 DMS 数据流结构

如图 1-1 所示，装在变电站的通信系统将负责管理命令和数据的传送。由控制中心发出的控制命令，必须通过变电站的控制部件传到变电站内部的间隔级单元或是馈电线路上的 FTU 去执行。如果采用的是无线电通信，数据流情况又不一样。因此，这里就有一个如何根据配电系统的规模、复杂程度以及自动化水平的要求来合理选用通信方式的问题。

用于配电自动化的通信系统，除满足数据结构的要求外，还应具有以下一些特性：

- (1) 通信可靠；
- (2) 价格不高；
- (3) 满足当前和今后数据率的要求；
- (4) 具有双向通信能力（某些功能不需要）；
- (5) 电网停电或故障时不影响通信；
- (6) 光缆 OF (optic fiber)。

为了系统优化或因地制宜，往往采用多种通信方式来实现配电自动化。

(二) 变电站自动化

当代配电网中变化最大、效益最为明显的莫过于变电站的综合自动化了。这场变革是以数字信号处理 DSP (digital signal process) 技术进入传统的继电保护和远动技术领域而取代常规保护和 RTU 为标志的，其主要特点是：

(1) 直接从线路、变压器等电力设备的 TA、TV 进行交流采样，通过 DSP 后得出各相电流、电压的波形值，据此进行分析计算即可组成各种继电保护装置（如线路过流保护、变压器差动保护等）。与此同时，进一步与有关触点信号相结合，将重合闸、故障录波、故障测距等功能集成在同一“保护单元”中。

(2) 同理，将 DSP 得出的各项电流电压数字波形，通过数值计算即可得出各项电流的

基波和谐波的有效值（均方根值），以及各项有功、无功、有功电能、无功电能等测量值，并和有关的输入输出触点一道集成在同一“测量控制单元”（或称“I/O”单元）中。

(3) 保护单元与 I/O 单元（统称为间隔级单元）的集成，还可根据 I/O 的触点位置信号，通过软件组合对保护和控制进行各种条件闭锁，从而全面实现综合自动化系统对变电站的保护、测量和控制功能。

这样的综合自动化系统，在节约设备、电缆、用地以及相应的施工、安装、调试工作量上，将具有明显的效益。

变电站的综合自动化都是按无人值班原则设计的。再加上保护功能的总和，超越了传统的调度范围，因此，有以下几个问题需要解决：

(1) 保护定值的选择（一般为 4~6 级）。由继电保护工程师负责，但根据运行方式变化而须及时切换的任务，可由调度员或计算机来承担。

(2) 保护的投切和运行工况的监视。可由调度员按照保护工程师事先制订的导则执行，没有必要为此设置专司此职的保护操作员。

(3) 故障时的故障录波和故障测距数据。应作为管理信息送至控制中心的管理信息系统，供保护工程师分析用。如通道条件不具备，可考虑使用电话线路，但不应占据 RTU 专用的实时通道。此外，由于间隔级单元均有较强的记忆能力，可以保存 7 天以上的数据，因此，还可使用手提机派人到现场去提取故障信息。

(4) 变电站的各种运行报表应力求精简，并可由控制中心的历史数据库统一生成存档。

此外，由于变电站综合自动化较常规的变电站监控系统增加了面向现场的间隔层一级，这就带来了实现变电站级高精度 SOE 功能的复杂性，并提出了间隔级通信协议的标准化问题。

(三) 馈电线自动化

馈电线自动化是指变电站馈电线路开关设备以后、用户表计以前沿馈电线路网络分布的各种测量控制装置，用以监视馈电线路运行工况、提高供电质量和保证供电的可靠性。这些装置主要有以下几种。

1. 线路运行参数采集单元

这种直接交流采样的单元，与变电站综合自动化中测量单元的原理完全相同，一般装在 380/220V 的低压网络中，用以采集馈电线路的电力、电压、有功、无功、有功电能、无功电能以及停电时间等。符合管理中表前控制的降压减负荷功能，就可采用这种单元来监视线路的末梢电压。这种装置具有很强的记忆能力，能保存一个月内的数据，供不具备远方通信能力时人工收集数据用。

2. 配电自动监控单元

上述的采集单元加上 I/O 控制部分，即可组成与变电站综合自动化中测量控制单元原理完全相同的配电自动监控单元。

配电网中，经常使用调整变压器和电容器组来改善电压水平和功率因数。这些传统上由人工进行现场操作的设备，如与配电自动监控单元结合，由控制单元根据采集到的电网数据来进行控制，即可提高到“自动”（就地平衡）或“远动”（全网优化控制）的水平。

3. 故障定位、隔离和自动恢复供电

这是馈电线路自动化中的一个独特功能。这种分段器、重合器所组成的柱上断路器系统，能自动对故障进行定位、隔离及自动恢复供电，显著地提高供电可靠性。据报道，使用

这种系统,可将传统上平均为 4h 的停电时间,缩短为 2min。

尽管故障定位、隔离和自动恢复供电系统已得到了广泛的应用,但由于配电网馈电线路实在量大面广,即使最先进的国家也不可能全部装上这种系统,而仅用于故障概率较大或对供电可靠性要求较高的场合。

随着电力系统可靠性要求的提高和城市电网建设的进行,配电自动化也被列入新技术应用范围,一些欧洲发达国家和日本的配电网技术也相继引入国内,甚至直接采用国外技术的工程也有。然而,至今为止,没有一个配电自动化项目中的配电自动化系统能够达到长期稳定地运行,运行到一定时间后或多或少都有问题。国内对配电自动化的讨论很多,有的将配电自动化一概而论。其实,有些配电自动化项目是运行较好的,有些项目不成熟,所以应该对不同项目进行不同分析。本书对配电自动化中配电网自动化的前提条件进行论证,其中包括对电网自身的结构、电能质量、运行管理方式和人员配备等全方面的分析。

(四) 配电自动化的种类

配电自动化系统(DAS)是一种可以使配电管理中心在远方实时监视、控制和合理协调配电设备的自动化系统。其内容包括配电网数据采集和监控(SCADA)、配电网地理信息系统(GIS)和需求侧管理(DSM)几部分。SCADA系统包括进线监视、10kV开闭所自动化、变电站自动化、配电网自动化、变压器巡检与无功补偿;GIS是通过地理信息对配电线路的运行检修管理进行指挥的协助系统;DSM包括负荷监控与管理与远方抄表与计费自动化系统。

配电网自动化指配电网中的配电线路的自动控制,主要是对我国大部分地区 10kV 配电线路中的柱上开关设备的远方控制,其控制通道有无线通信、有线通信、光线通信和微波通信几种。由于配电网自动化至今在国内试运行的系统都不理想,所以对配电 SCADA 的应用也受到影响,其实开闭所和变电站自动化国内运行得较好,开展配电网自动化首先应从前提条件进行论证。

第二节 配电网自动化的意义

为了满足国内经济发展要求,1998 年中国启动了城乡电网的改造工程,改造工程的重点是通过新技术的应用,提高城乡电网供电可靠性,解决因电力能源供应的末端——配电网过分薄弱所造成的制约中国经济发展供电瓶颈问题。在上述目标前提下,配电网自动化试点工程在全国相继展开。

随着与配电网改造同步进行的自动化试点工程逐步实施,供电企业对配电网自动化的认识得到了进一步的提高,电力部门从原来的盲目追求技术前沿性、功能多样性、系统涵盖全面性,开始认识到配电网自动化应当针对电力系统特点而实现系统高可靠性、功能实用性、技术稳定性,配电网自动化市场消费逐步走向理性和成熟,配电网自动化逐步向供电企业实用化方向发展。然而,应当看到的是,配电网自动化发展中一些关键认识问题的困扰,制约了配电网自动化技术的深入应用和发展。

一、配电网自动化的投入与回报

随着城网改造的不断深入和配电网自动化在一些城市的实施,电力企业经常探讨配电网自动化投资收益如何体现的问题,配电网自动化的实施是否可以大幅提高供电可靠性,并由

此带来可观的回报,进而实现高投入高回报的目标。

图 1-2 给出了日本九州电力通过实施配电网自动化提高供电可靠性的发展历程。日本九州电力管理的电网是目前全世界供电可靠性最高的电网之一,然而在 1985 年前九州电力的平均停电时间高于日本平均停电时间。自 1985 年开始建立配电主站系统,到 1993 年,其停电时间已减少到与日本全国平均停电时间相同;1994 年实现了开关的 100% 监控后,停电时间逐年减少至低于日本平均水平。从图 1-2 可以看出,配电网自动化系统的投运使该区域供电可靠性得到了有效的提高。

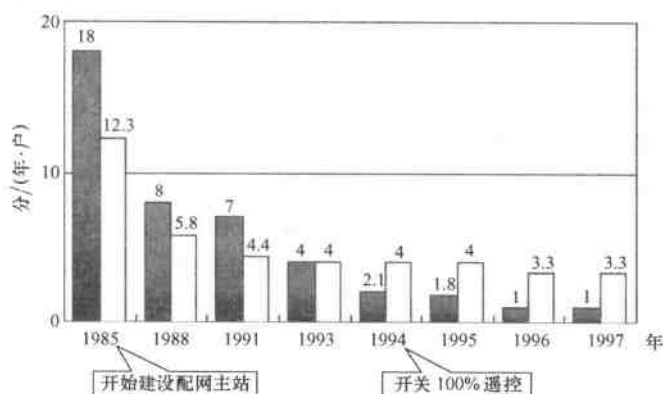


图 1-2 日本九州电力提高供电可靠性的发展历程

■—日本九州; □—日本全国

图 1-2 所表示的配电网自动化的实施对可靠性的提高是无庸置疑的。但应当看到的是,这是一个渐进的过程,其社会和经济效益是逐步显现的,因此,以期望当年的投入即有同等或更高的回报,对配电网自动化的要求是不现实的,过分期望配电网自动化的投入能够迅速带来显著经济效益是目前中国供电企业配电网自动化不能得到广泛实施的主要原因。

二、配电网自动化不能限于故障处理功能

由于要提高供电可靠性,如何采用自动化手段对配网各类线路故障进行有效的判别、隔离和信息传递是近年来比较关注的一个问题。配电网的特点使其如同人的毛细血管,深入城市每一神经网络,因此不同的运行条件和环境造成配电网面临突发性事故的几率较高,配电网自动化的一个重要功能就是如何处理故障。

在配电网自动化实施过程中,为了提高故障处理水平,各大研究机构和公司进行了大量的科研投入,通过各种先进的故障处理技术方案、各类功能复杂控制器件的设计来解决这个问题,谈到配电网自动化仅关注如何处理故障,使大家都感到配电自动化系统的实施似乎就是为了处理故障。然而在城网改造到了一定阶段,线路的地缆化、绝缘化和设备更新的逐步完成后,发现较多操作停电、事故停电的比例在逐渐减少,那么,配电网自动化系统仅为了处理故障显得单一和收益与投入比率不高,究竟配电网自动化系统的实施除了处理事故还可以干点什么?对上述问题的困惑也是制约配电自动化系统广泛应用的另一个关键因素。

三、配电网自动化应当成为电力企业配网生产管理的有效技术手段

面对上述困惑,应当考虑配电网自动化除了可以直观地看到有效处理故障并提高供电可

靠性的收益外，对电力企业真正意义究竟何在？

下面就来对比一下用于主网变电站监控自动化的发展历程，主网的变电站建设，从最早的继电保护开始，逐步发展经过了微机保护、综合自动化、无人值守值班站，到全面的调度自动化。其自动化发展的每个阶段都是技术不断发展和进步的实践，如果单从每个阶段不断的投资所产生的直接经济效益有多大、由此多卖多少电量来计算，相信大家一定也会觉得存在投入大产出小的问题，而变电站监控自动化经过了近十几年的发展，已经成为电力系统生产调度人员难以离开的有效生产管理工具，事实上，它的社会、经济效益是巨大的。

同样针对目前的配电网自动化，尽管现在的配网网架、开关设备还未大范围地达到互供和负荷转移的条件，但配电网自动化已经是必须的，那是因为对于配电网而言，其管理的对象是配电网线路、设备及其电网的终端用户，线路有架空、有地缆，网络结构复杂、供电方式多变；设备有柱上断路器、负荷开关、环网柜、分接箱、开闭所、配电变压器，设备种类繁多、应用繁杂；终端用户包括工业用户、居民用户、商业用户、重要用户（如政府、银行、医院等），供电负荷特点多变。配电网自动化的实施首先实现了对复杂配电网络、繁杂配电设备、庞大的用户供电状况运行的一举一动在瞬间掌握，这是提高供电可靠性的基础，是配电网生产调度管理的发展方向，也是必由之路。也许早期由于技术和实力的局限没有实施，感觉这个自动化系统无关轻重，但一旦得到有效应用，配调人员就会感觉像调度指挥主网，离开调度自动化系统就无法指挥主网运行一样，需要配电网自动化系统。

既然是为了对配网生产进行管理，那么，现有的静态配网生产 MIS 可否替代配电网自动化系统呢？在很多的电力企业，对配网管理还处在一种不透明的管理状态中，尽管随着电力企业信息化管理的推进，许多电力公司采用了 MIS 系统来完成配网设备的管理，但因管理手段以静态管理为主，而配网运行方式多变的特点又需要对系统经常的维护和刷新，才能保证数据的实时性，因此维护工作量大。目前，电力公司对配电网管理基本只到 10kV 出线侧出口电压、电流的管理，下一个环节的内容较多的是停留在纸面上，有可能是 1 个月、3 个月、6 个月前的状态，很多事情靠配网专工的个人管理。配电网分支事故、局部事故较难由供电部门内部发现，只有得到用户报警后才能处理，响应跟不上；日常计划停电、事故区间内停电用户和情况需要查资料，只有静态资料而不是实时资料。

要解决上述问题，将配网管理由静态管理水平上升到动态管理水平，就必须实施配电网自动化。通过对配电网络的动态信息、静态信息有效的收集，提供一个基础的数据平台，再采用技术手段使这些真实的数据为电力企业配网生产提供准确、快速、高效的服务，静态 MIS 是替代不了动态的配电网自动化系统的。

综合以上观点，配电网自动化实施的真正目的和意义就是要使之成为供电企业配网生产管理的有效技术手段，从而达到以下目的：

- (1) 配电网络运行由不透明变为透明，实现了对配电设备运行状态和配电网络的实时监控。
- (2) 配电网络及设备技术参数更新更加及时、准确，配电网络运行方式的决策更为科学。
- (3) 配电事故的处理更为快捷、准确，缩小事故范围，缩短事故停电时间。
- (4) 用户信息准确、及时，提高供电企业的服务水平。

第三节 配电网自动化发展简述及规划

国外配电网自动化的发展较早,但开始都是单项功能的,且各国发展不均衡,一般都是根据各国配电网发展状况及用户对供电质量要求的提高而逐渐开发的,因此发展的具体功能实施的时期有很大差异。根据国际供电会议配电自动化第二特设工作组的汇总材料表明,日本在配电自动化方面作了很多开发,例如配电网的监控、配电线故障定位及自动隔离、用户设备的监控、集中负荷控制、维修工作计划的编制、小型分散发电的控制等。

美国配电自动化方面开发了自动绘图与设备管理系统、馈线切换操作及自动分段、综合电压和无功功率控制、用户电量遥测、负荷监控、配电网停电故障分析和维修管理系统等。法国在 SCADA 系统、电压控制、配电网故障寻测和自动恢复供电、负荷管理、用户电量动态计费、电网图像监控、电能质量监控等方面也开发了不少功能。其他如英国、意大利、西班牙等都开发了 SCADA 系统、动态电网模拟、电网故障分析及自动恢复供电系统、负荷监控管理等。

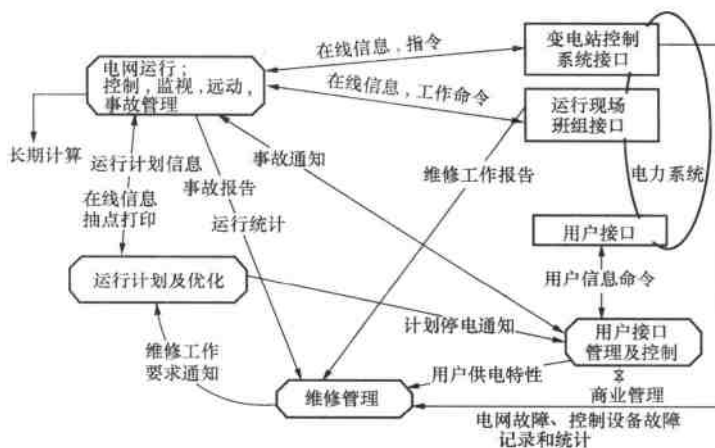


图 1-3 配电自动化主要功能及联系

综合各国情况,在配电自动化开发的初期,重点放在开发一些经常运行工作的自动化方面,逐渐又开发了为用户服务的改善企业在用户中的形象的有关业务的自动化,然而仍保留大量的待开发的自动化功能和一些已开发的功能之间的功能重叠。这些现象已开始引起一些专家的高度重视,并提出配电自动化应在总体标准化要求下根据自己的特点和条件开发其中的某些功能,并为最终实现配电自动化打下基础,图 1-3 是配电自动化中的一些主要功能。

这里介绍两个城市小区配电网自动化的主要规划内容。

一、某市开发区配电自动化的项目

建立需方管理模式所需的管理电力用户的功能,包括高峰负荷预测、电力负荷的监控管理战略的制定和执行、自动集中抄表和电价自动转换营业管理系统。建立需方管理将提供保持需量与可能供电量相衔接的“量平衡”与“质优化”的必要工具,既有利于电网的经济运行,又有助于促使用户审时度势、以峰填谷、提高效率。应用遥测、遥控智能化计量和控制