配电自动化基础实训

PEIDIAN ZIDONGHUA
JICHU SHIXUN

王立新　主编





中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

配电自动化基础实训

PEIDIAN ZIDONGHUA
JICHU SHIXUN

主　编　王立新
副主编　潘志远　李宏伟　任玉保　王云飞



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

配电自动化技术是为满足供电可靠性需求不断提高而产生的，伴随着配电网不断成熟而不断发展。本书依托国家电网有限公司技术学院分公司配电自动化实训基地，充分融合理论知识和实训内容，注重培训实效。

本书共 8 章，主要内容包括总论、配电网概述、配电主站、配电自动化终端、配电自动化通信、馈线自动化、配电网调控运行、配电自动化运维管理等，并将 Linux 系统常用指令、调度术语示例、配电网运维检修管理流程、工程验收评分标准、实用化验收评分标准作为附录，以方便读者使用。

本书可供从事配电自动化相关专业的人员使用，尤其适合一线员工使用。

图书在版编目（CIP）数据

配电自动化基础实训 / 王立新主编. —北京：中国电力出版社，2018.10
ISBN 978-7-5198-2616-1

Ⅰ. ①配… Ⅱ. ①王… Ⅲ. ①配电自动化–基本知识 Ⅳ. ①TM76

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2018）第 256620 号

出版发行：中国电力出版社
地　　址：北京市东城区北京站西街 19 号（邮政编码 100005）
网　　址：http://www.cepp.sgcc.com.cn
责任编辑：罗　艳（yan-luo@sgcc.com.cn，010-63412315）
责任校对：王小鹏
装帧设计：张俊霞
责任印制：石　雷

印　　刷：三河市百盛印装有限公司
版　　次：2018 年 10 月第一版
印　　次：2018 年 10 月北京第一次印刷
开　　本：710 毫米×1000 毫米　16 开本
印　　张：17.5
字　　数：309 千字
定　　价：68.00 元

版 权 专 有　侵 权 必 究

本书如有印装质量问题，我社营销中心负责退换

《配电网建设改造行动计划》教材建设委员会

主　任　王志轩

副主任　赵一农　张志锋　张成松　吴国青

委　员　（按姓氏笔画排序）

王成山　王立新　白凤英　吕益华　刘永东

刘广峰　李有铖　李庚银　吴志力　黄成刚

盛万兴　董旭柱

《配电网建设改造行动计划》教材编审委员会

（按姓氏笔画排序）

主　任　张志锋

副主任　王成山　王立新　曹爱民　盛万兴

委　员　于　辉　支叶青　王承玉　王焕金　宁　昕

刘永东　刘润生　刘广峰　刘长林　孙竹森

杜红卫　杨大为　杨卫红　李有铖　李　海

李宏伟　林　涛　赵海翔　赵江河　胡　滨

侯义明　徐纯毅　郭　力　彭　江　董旭柱

童瑞明　樊全胜　冀　明

本书编委会

主　　任　王立新

委　　员　王云飞　李宏伟　梁利清　杨红磊　戴晓红
　　刘超君

本书编写人员名单

主　　编　王立新

副 主 编　潘志远　李宏伟　任玉保　王云飞

编写人员　韩寅峰　朱吉然　周　勐　王　婧　王治玲
　　瞿寒冰　张　帝　唐海国　张志丹　许　明
　　刘　晓

教材编审委员会本书审定人员

主　　审　董旭柱

参审人员　（按姓氏笔画排序）
　　王　宾　侯义明　葛　亮

序

配电自动化是智能配电网的基础所在。配电自动化系统和信息平台所提供的资源将有效地解决电动汽车、中小容量分布式电源的接入等问题。与此同时，配电网的自动化推广应用，以及云计算、大数据技术在配用电领域的应用极大地改变了供电企业的配网运维管理模式，有效提升了配电网的精益化管理水平。

在多年的研究、实践中，我深刻地感受到，一支专业、精干的配电自动化人员队伍是一个地区配电自动化系统能够顺利完成工程建设，并深入开展实用化应用的关键因素；只有踏实地做好配电自动化规划、设计、施工、调试、运行、检修每个步骤的工作，并认真解决工程建设、系统运维、管理协调中出现的各类问题，才有可能建好、用好、管好配电自动化系统，从而让这一新生事物在各供电公司落地、生根、发芽，为传统的配电网注入新的活力。

本书的作者来自科研院所、大专院校、生产一线，在本专业领域的工作实践中发现问题、解决问题、总结规律，并将其付诸笔端，收辑成册，在工作之余合作编写了这本教材，我感到十分欣慰。

作为一本基础培训教材，本书较好地贯彻了国家电网有限公司的总体技术路线和指导思想，体现了公司近年来对配电自动化专业的思考和总结；既充分展现了各地区在配电自动化建设、运维工作中的实际成效，又如实反映了不少地方在本轮配电自动化建设过程中经历的挫折与困难，对从事本专业工作的广大工程技术人员有较好的参考价值。

希望这本教材能为配电自动化专业广大的建设、运维、管理人员提供有益的借鉴，为我国配电自动化人才的培养发挥积极的作用，也希望配电自动化事业薪火相传、后继有人！

2018 年 4 月

总前言

为贯彻落实中央“稳增长、调结构、促改革、惠民生”有关部署，加快配电网建设改造，推进转型升级，服务经济社会发展，国家发展改革委、国家能源局于2015年先后印发了《关于加快配电网建设改造的指导意见》（发改能源〔2015〕1899号）和《配电网建设改造行动计划（2015—2020年）》（国能电力〔2015〕290号），动员和部署实施配电网建设改造行动，进一步加大建设改造力度，建设一个城乡统筹、安全可靠、经济高效、技术先进、环境友好的配电网设施和服务体系。

为配合《配电网建设改造行动计划（2015—2020年）》的实施，保证相关政策和要求落实到位，进一步提升电网技术人员的素质与水平，建设一支坚强的技术人才队伍，中国电力教育协会自2016年开始，组织修编和审定一批反映配电网技术升级、符合职业教育和培训实际需要的高质量的培训教材，即《配电网建设改造行动计划》技术培训系列教材。

中国电力教育协会专门成立了《配电网建设改造行动计划》教材建设委员会、教材编审委员会，并根据配电网特点与培训实际在教材编审委员会下设规划设计、配电网建设、运行与维护、配电自动化、分布式电源与微网、新技术与新装备、标准应用和专项技能8个专业技术工作组，主要职责为审定教材规划、目录、教材编审委员会名单、教材评估标准，推进教材专家库的建设，促进培训教材推广应用。委员主要由国家能源局、中国电力企业联合会、国家电网有限公司、中国南方电网有限责任公司、内蒙古电力（集团）有限责任公司等相关电力企业（集团）人力资源、生产、培训等管理部门、科研机构、高等院校以及部分大型装备制造企业推荐组成。常设服务机构为教材建设委员会办公室，由中国电力教育协会联合国网技术学院、中国南方电网有限责任公司教育培训评价中心和中国电力出版社相关工作人员组成，负责日常工作的组织实施。

为规范《配电网建设改造行动计划》教材编审工作，中国电力教育协会组

织审议并发布了《中国电力教育协会〈配电网建设改造行动计划〉教材管理办法》和《中国电力教育协会〈配电网建设改造行动计划〉教材编写细则》，指导和监督教材规划、开发、编写、审定、推荐工作。申报教材类型分为精品教材、修订教材、新编教材和数字化教材。于2016～2020年每年组织一次教材申报、评审及教材目录发布。中国电力教育协会定期组织教材编审委员会对已立项选题教材进行出版前审核，并报教材建设委员会批准，满足教材审查条件并通过审核的教材作为“《配电网建设改造行动计划》技术培训系列教材”发布。在线申报/推荐评审系统为中国电力出版社网站 http://www.cepp.sgcc.com.cn，邮件申报方式为 pdwjc@sgcc.com.cn，通知及相关表格也可在中国电力企业联合会网站技能鉴定与教育培训专栏下载。每批通过的项目会在该专栏以及中国电力出版社网站上公布。

本系列教材是在国家能源局的技术指导下，中国电力企业联合会的大力支持和国家电网有限公司、南方电网公司等以及相关电力企业集团的积极响应下组织实施的，凝聚了全行业专家的经验和智慧，汇集和固化了全国范围内配电网建设改造的典型成果，实用性强、针对性强、操作性强。教材具有新形势下培训教材的系统性、创新性和可读性的特点，力求满足电力教育培训的实际需求，旨在开启配电网建设改造系列培训教材的新篇章，实现全行业教育培训资源的共享，可供广大配电网技术工作者借鉴参考。

当前社会，科学技术飞速发展，本系列教材虽然经过认真的编写、校订和审核，仍然难免有疏漏和不足之处，需要不断地补充、修订和完善。欢迎使用本系列教材的读者提出宝贵意见和建议，使之更臻成熟。

中国电力教育协会

《配电网建设改造行动计划》教材建设委员会

2017 年 12 月

前言

随着配电网供电可靠性要求的日益提高，配电自动化作为一种有效的手段，在国内各大城市及部分县级市的配网中得到了广泛应用。

配电自动化技术是为满足供电可靠性需求不断提高而产生的，伴随着配电网不断成熟而不断发展。配电自动化涉及一次设备、信息通信、自动化及配网调控等多个专业，由于历史原因，各单位的专业技术人员不足，运维体系不完善，运维责任难以落实，大部分一线员工不能独立完成运维工作，主站和现场设备主要依靠厂家进行运维。长此以往，必将严重影响配电自动化事业的健康发展。

配电网建设改造行动计划的落实需要大批精干的专业技术人员。为推动配电自动化专业的发展，由中电联牵头，教学科研、生产运行单位共同参与，编制一本适用于新员工的培训教材，将有望满足新进人员的培训需求，同时为相关研发、制造和供电公司管理者参考，为我国配电自动化事业的发展贡献应有的力量。

本书依托国家电网有限公司技术学院分公司配电自动化实训基地，充分融合理论知识和实训内容，注重培训实效。本教材将理论讲授与实践应用紧密结合，着重阐述基本概念、基本原理、基本方法和基本技能，注重相关专业基础的夯实；着重讲解通用设计理念和主流设计思想；着重分析典型案例、典型场景；同时，融入数十个地市公司在配电自动化建设和运维过程中的有益经验，力求学以致用。

本书的主要内容包括总论、配电网概述、配电主站、配电自动化终端、配电自动化通信、馈线自动化、配电网调控运行、配电自动化运维管理等，并对配电自动化系统的建设、运维、检修等相关工作进行了较为系统的介绍。通过学习本书，可以全面掌握配电自动化的基础知识、基本技能，提升配电自动化运维管理水平。

本书共 8 章，第 1 章由王立新、韩寅峰主笔；第 2 章由潘志远、李宏伟、王婧主笔；第 3 章由韩寅峰、张帝主笔；第 4 章由朱吉然、张志丹、任玉保主笔；

第 5 章由王云飞、唐海国、张帝主笔；第 6 章由瞿寒冰、许明主笔；第 7 章由王治玲、刘晓主笔；第 8 章由周勐主笔；全书由韩寅峰、朱吉然、张帝统稿，王立新、潘志远校稿。

本书的编写得到了中国电力科学研究院有限公司、国网湖南省电力有限公司电力科学研究院等科研院所，国网浙江省电力有限公司、国网湖南省电力有限公司、国网重庆市电力公司、国网山东省电力公司等供电企业的大力支持；在长期的工作中，编写团队成员得到了国家电网有限公司运维检修部刘日亮高工，中国电力科学研究院有限公司赵江河教授、张波高工，国网电力科学研究院沈兵兵教授、杜红卫高工，国网陕西省电力公司电力科学研究院刘健教授、陈宜凯高工，国网四川省电力公司郑毅高工，国网江西省电力有限公司熊晓方高工，国网湖南省电力有限公司冷华高工，国网山东省电力公司邵志敏高工，国网浙江省电力有限公司徐重酉高工、王蕾高工，国网福建省电力有限公司蔡俊宇高工等诸多业界专家的无私教诲，在此表示衷心感谢！

全书由中国电力科学研究院侯义明教授、中国南方电网有限责任公司科学研究院董旭柱教授、清华大学王宾副教授，北京四方继保自动化股份有限公司葛亮教授审核，并提出了诸多完善意见，在此一并表示感谢！

书中不妥之处，敬请各位读者批评指正。

编　者

2018 年 5 月

目录

序
总前言
前言

第 1 章　总论 …… 1
1.1　配电自动化系统构成 …… 2
1.2　配电自动化发展历程 …… 4
1.3　配电自动化应用现状 …… 6
第 2 章　配电网概述 …… 8
2.1　典型配电网网架结构 …… 8
2.2　典型配电一次设备 …… 11
2.3　配电网规划设计 …… 26
第 3 章　配电主站 …… 37
3.1　主站体系架构 …… 37
3.2　主站硬件设备 …… 38
3.3　主站软件平台 …… 42
3.4　主站功能应用 …… 52
3.5　主站信息交互 …… 67
3.6　主站信息安全 …… 68
3.7　主站运维操作 …… 77
3.8　主站异常排查 …… 83

第 4 章　配电自动化终端 …… 86
4.1　配电自动化终端概述 …… 86
4.2　配电自动化终端的结构及功能 …… 88
4.3　配电二次回路及电源回路 …… 96
4.4　配电终端配套设备 …… 109
4.5　配电终端运维及故障排查 …… 113
4.6　配电一二次设备融合 …… 118
4.7　操作技能 …… 121
第 5 章　配电自动化通信 …… 134
5.1　配电通信系统概述 …… 134
5.2　配电自动化通信系统架构 …… 134
5.3　配电骨干通信 …… 136
5.4　配电终端通信接入网 …… 138
5.5　无线通信方式 …… 147
5.6　通信系统运维 …… 150
5.7　EPON 通信系统典型设计 …… 151
第 6 章　馈线自动化 …… 156
6.1　馈线自动化概述 …… 156
6.2　电流集中型馈线自动化 …… 156
6.3　电压时间型馈线自动化 …… 161
6.4　智能分布式馈线自动化 …… 166
6.5　馈线自动化应用分析 …… 170
6.6　单相接地故障的研判及处理 …… 175
第 7 章　配电网调控运行 …… 179
7.1　配电网运维检修 …… 179
7.2　配电网调控运行管理 …… 184
7.3　操作技能 …… 188

7.4 配网调控异常及事故处理 …… 194
7.5 操作技能 …… 198
第 8 章 配电自动化运维管理 …… 210
8.1 配电自动化管理环节概述 …… 210
8.2 配电自动化系统工程测试与验收 …… 211
8.3 配电自动化系统实用化运行与管理验收 …… 214
8.4 配电自动化系统在线监管工作 …… 225
8.5 配电自动化系统建设及应用典型案例 …… 229
8.6 配电自动化发展方向 …… 243
附录 A Linux 系统常用指令 …… 247
附录 B 调度术语示例 …… 248
附录 C 配电网运维检修管理流程 …… 251
参考文献 …… 261



第1章 总 论

配电网是指从电源侧（输电网、发电设施、分布式电源等）接受电能，并通过配电设施就地或逐级分配给各类用户的电力网络，是输电网和用户之间的连接纽带。配电网由变（配）电站（室）、开关站、架空线路、电缆等电力设施、设备组成，涉及高压配电线路和变电站、中压配电线路和配变、低压配电线路、分布式电源、用户等紧密关联的层级。

配电网按电压等级的不同，可分为高压配电网（110/35kV）、中压配电网（20/10/6/3kV）和低压配电网（220/380V）；按供电区域特点不同或服务对象不同，可分为城市配电网和农村配电网；按配电线路的不同，可分为架空配电网、电缆配电网以及架空电缆混合配电网。

长期以来，受技术手段和管理模式的制约，配电网的运行管理水平较为落后，运维管理人员对配电网的运行状况“看不见、说不清、管不了”，既无法准确获取配网设备的运行状态和潮流分布情况，又无法有效实现对配电设备的远程、快速控制；10kV 中压配电网长期处于盲调、盲管的状态，故障频发，严重制约了对用户的供电可靠性。

为此，利用自动化、信息化手段提升配电网运检管理水平，提高配网事故处理效率势在必行。配电自动化是电力系统自动化在配电网中的应用，是实现中压配电网可测、可观、可控的主要手段，是提升配电网精益化管理水平的客观需求，也是实现智能配电网的物质基础和发展起点。

配电自动化作为配电管理的重要手段，应全面服务于配电网调度运行和运维检修业务，如图 1－1 所示。配电自动化建设应以一次网架和设备为基础，统筹规划，分步实施。结合配电网接线方式、设备现状、负荷水平和不同供电区域的供电可靠性要求进行规划设计，统筹应用集中、分布和就地式馈线自动化装置，合理配置“三遥”自动化终端，提高“二遥”自动化终端应用比重，力求功能实用、技术先进、运行可靠。

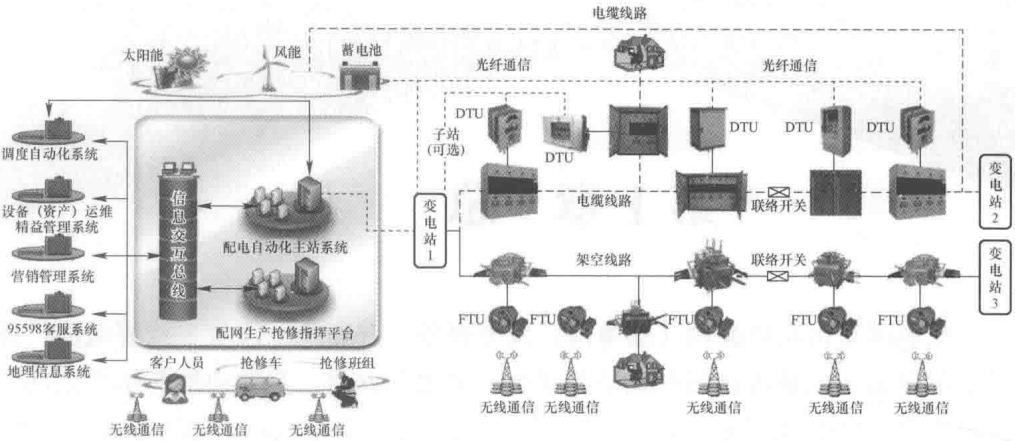


图 1－1　配电自动化与配网运维管控

1.1　配电自动化系统构成

配电自动化系统主要由主站、配电终端和通信网络组成，通过采集中低压配电网设备运行的实时、准实时数据，贯通高压配电网和低压配电网的电气连接拓扑，融合配电网相关系统业务信息，实现对配电网的监测、控制和快速故障隔离，支撑配电网的调控运行、故障抢修、生产指挥、设备检修、规划设计等业务的精益化管理。配电自动化系统架构如图 1－2 所示。

配电自动化应与配电网建设改造同步设计、同步建设、同步投运，遵循“标准化设计，差异化实施”原则，充分利用现有设备资源，因地制宜地做好通信、信息等配电自动化配套系统及设备建设。配电自动化系统的规划设计应遵循经济实用、标准设计、差异区分、资源共享、同步建设的原则，并满足安全防护要求，具体包括：

（1）经济实用原则。配电自动化规划设计应根据不同类型供电区域的供电可靠性需求，采取差异化技术策略，避免因配电自动化建设造成电网频繁改造，注重系统功能实用性，结合配网发展有序投资，充分体现配电自动化建设应用的投资效益。

（2）标准设计原则。配电自动化规划设计应遵循配电自动化技术标准体系，配电网一、二次设备应依据接口标准设计，配电自动化系统设计的图形、模型、流程等应遵循国标、行标、企标等相关技术标准。

（3）差异区分原则。根据城市规模、可靠性需求、配电网目标网架等情况，合理选择不同类型供电区域的故障处理模式、主站建设规模、配电终端配置方式、通信建设模式、数据采集节点及配电终端数量。

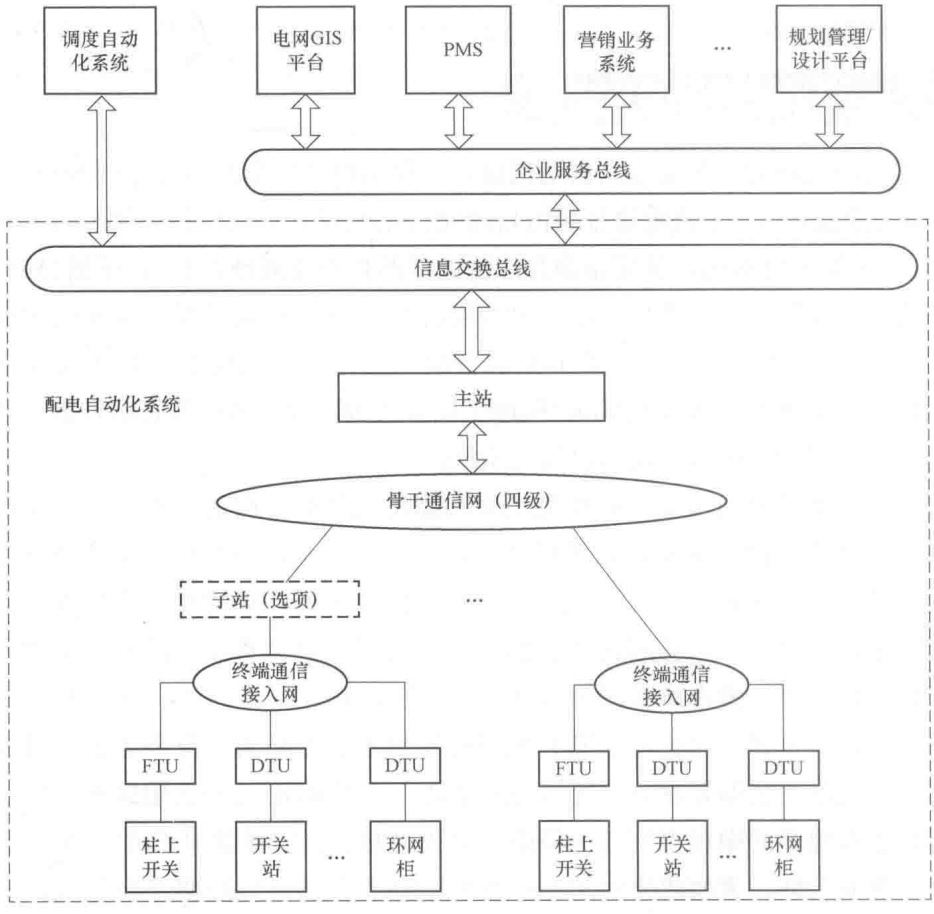


图 1-2 配电自动化系统构成

（4）资源共享原则。配电自动化规划设计应遵循数据源端唯一、信息全局共享的原则，利用现有的调度自动化系统、设备（资产）运维精益管理系统、电网 GIS 平台、营销业务系统等相关系统，通过系统间的标准化信息交互，实现配电自动化系统网络接线图、电气拓扑模型和支持电网运行的静、动态数据共享。

（5）规划建设同步原则。配电网规划设计与建设改造应同步考虑配电自动化建设需求，配电终端、通信系统应与配电网实现同步规划、同步设计。对于新建电网，配电自动化规划区域内的一次设备选型应一步到位，避免因配电自动化实施带来的后续改造和更换。对于已建成电网，配电自动化规划区域内不适应配电自动化要求的，应在配电网一次网架设备规划中统筹考虑。

（6）安全防护要求。配电自动化系统建设应遵循国家电力监管委员会令第 5 号《电力二次系统安全防护规定》等有关技术要求及公司关于中低压配电网安

全防护的相关规定。

1.2 配电自动化发展历程

相对调度自动化和变电站自动化而言，配电自动化是起步较晚的专业领域。国外自 20 世纪 70 年代起进行配电自动化技术的研究和应用，大体经历了三个阶段：① 基于自动化开关设备相互配合的馈线自动化系统；② 基于通信网络、馈线终端单元和后台计算机网络的实时应用系统；③ 结合了配电 GIS 应用系统（基于地理信息背景的自动成图和设备管理，即 AM/FM/GIS）、停电管理系统（OMS）、故障保修服务（TCM）、配电工作管理等，并与需求侧负荷管理、调度自动化系统等结合的综合配电自动化系统。

在一些工业发达国家，城市配电网络都已成型且结构较完善，为配电自动化创造了良好基础。但是，许多国家并没有大面积实施馈线自动化，而只是在一些负荷密集区和敏感区实施馈线自动化。特别值得一提的是，这些国家很重视配电基础资料管理，重视配电抢修管理，通过先进工具和手段来提高配电运行管理工作效率，最终体现在对客户的优质服务上。

目前，集中控制型配电自动化系统在世界上应用相当广泛：全面应用于日本东京、大阪、京都等城市，奥地利维也纳、法国 EDF 公司、中国香港、新加坡等国家和地区的中压电网；在韩国，中压电网的应用覆盖率已达 58%；美国长岛、卡罗兰纳、南加州分别在 120 多条、1000 多条、3100 多条中压线路上应用；英国伦敦中压电网安装终端 5000 多套，用户年均停电时间降低了 33%；我国的智能配电网试点城市，如北京、杭州、厦门、银川、广州、深圳等地，也都不约而同地选择了这种控制形式。在世界各国中，该型系统应用最为成熟的当属日本、法国和新加坡。

日本东京电力公司 1986 年以后的供电可靠率都在 99.99%以上，对应的用户平均停电时间基本上在 0.876h（约 53min）以下。2008 年东京电网用户平均停电时间 3min，系统平均停电频率 0.12 次，供电可靠性位于世界最高水平之列。

日本在 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装置、高电压大容量的配电方式，以解决大城市配电问题，并着手开发依靠配电设备及继电保护进行配电网络运行自动化的方法；到 1985 年，采用 GIS、真正意义的大规模配电自动化系统完成；从 1986 年到 1990 年，北陆电力、关西电力、四国电力、东北电力、中部电力、北海道电力先后引入配电自动化系统（Distribution Automation System，DAS）。到 1986 年，日本约 86.5%电力系统实现了故障后按时限自动顺序送电，其中 6.7%实现了配电线开关的远方监控。