

PEIDIANWANG DIAODU GUANLI
YU YUNXING KONGZHI

配电网调度管理 与运行控制

中国南方电网有限责任公司 编



 中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

PEIDIANWANG DIAODU GUANLI
YU YUNXING KONGZHI

配电网调度管理 与运行控制

中国南方电网有限责任公司 编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书从配电网的实际出发,全面系统地阐述了配电网一次系统、二次系统、配电网调度管理与控制等主要内容。全书共分为15章,主要内容包括配电网接线方式、配电网发电电源、配电网用电负荷、交流配电网设备、直流配电系统、配电网保护与安全自动装置、配电自动化、配电通信网、智能配电网及安全防护、配电网规划与运行协同管理、配电网并网管理、配电网风险管理、配电网运行计划管理、配电网运行控制、配电网运行评价和改进。

本书可供所有涉及配电网工作的技术人员和管理人员使用,也可供高等院校师生及相关人员学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

配电网调度管理与运行控制/中国南方电网有限责任公司编. —北京:
中国电力出版社, 2017. 12
ISBN 978-7-5198-1130-3

I. ①配… II. ①中… III. ①配电系统-电力系统运行②配电系统-
电力系统调度 IV. ①TM727

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 220770 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: 邦兴庆

责任校对: 常燕昆

装帧设计: 左 铭

责任印制: 邹树群

印 刷: 三河市百盛印装有限公司

版 次: 2017 年 12 月第一版

印 次: 2017 年 12 月北京第一次印刷

开 本: 787 毫米×1092 毫米 16 开本

印 张: 15.25

字 数: 367 千字

印 数: 0001—1000 册

定 价: 62.00 元

版权专有 侵权必究

本书如有印装质量问题, 我社发行部负责退换

编 委 会

刘映尚 杨俊权 赵曼勇 何锡祺 陶文伟

胡 荣 陈 刚 何剑军 李正红 张国翊

宋兴光 曾顺奇 白恒远 雷文东 李高明

牛文楠 张喜铭 顾慧杰 邱生敏 王海华

代卫星 吴 新 郑晓辉 黄猛才 肖 健

于 力 吴争荣 伊 洋 洪海森 黄 盛

魏承志 黄维芳 张君泉 陈小军 李传健

梁旭懿 钟 强 简淦杨



配电网是国民经济和社会发展的重大公共基础设施，“十三五”以来，国家提出围绕新型工业化、城镇化、农业现代化和美丽乡村建设，以满足用电需求、提高供电质量、促进智能互联为目标，加快配电网建设改造。本书结合电网企业在配电网调度管理与运行控制的实践经验，综合考虑了技术发展和需求状况，系统阐述了配电网一次系统、二次系统、配电网调度管理与控制等主要容。

本书共分为四篇十五章。第一篇是总论，主要介绍了配电网的基本概念、发展历程及其特征，对国内外配电网的现状进行了比较，分析了我国配电网发展面临的主要形势，提出了配电网相关新技术。第二篇是配电网一次系统，共五章：第1章是配电网接线方式；第2章是配电网发电电源；第3章是配电网用电负荷；第4章是交流配电网设备；第5章是直流配电网系统。第三篇是配电网二次系统，共四章：第6章是配电网保护与安全自动装置；第7章是配电网自动化；第8章是配电网通信网；第9章是智能配电网及安全防护。第四篇是配电网调度管理与控制，共六章：第10章是配电网规划与运行协同管理；第11章是配电网并网管理；第12章是配电网风险管理；第13章是配电网运行计划管理；第14章是配电网运行控制；第15章是配电网运行评价和改进。

本书适合所有涉及配电网工作的技术人员和管理人员阅读，有利于帮助他们全面了解配电网的规划、设计、运行、维护、调度与运行控制各个方面的容，不断提升配电网的运维管理和调度控制水平。

本书编写过程中得到了中国南方电网电力调度控制中心领导的关心和支持，广东电网公司、广州供电局、深圳供电局、南方电网电力科学研究院、广东电网电力科学研究院、广东省电力设计研究院、深圳新能电力开发设计院、上海交通大学、积成电子股份有限公司等单位的相关专家参与了编写和校正工作。专家们所从事的专业涵盖了配电网一次、二次及配电网调度与运行控制各个领域，从事的工作涵盖了配电网的科研、规划、设计、运行、维护、调度与运行控制各个方面，他们以高度的责任感和严谨的作风，一丝不苟，多次认真审阅修改最终定稿。在本书即将出版之际，谨对所有参与和支持本书编写、出版的专家同志们表示崇高的敬意。

由于编者水平有限，书中不妥之处在所难免，诚望读者批评指正。

编者

前言

第一篇 总 论

第二篇 配电网一次系统

▶ 第1章 配电网接线方式	9
1.1 中压配电网	9
1.2 低压配电网	16
1.3 微电网	18
1.4 配电网中性点接地方式	19
1.5 本章小结	20
▶ 第2章 配电网发电电源	21
2.1 概述	21
2.2 小水电	22
2.3 风力发电	23
2.4 光伏发电	26
2.5 储能	28
2.6 其他类型电源	28
2.7 分布式电源并网运行对配电网的影响	30
2.8 本章小结	31
▶ 第3章 配电网用电负荷	32
3.1 概述	32
3.2 配电网负荷分类	32
3.3 配电网负荷分级	33
3.4 配电网用户欠电压脱扣装置	38
3.5 本章小结	42
▶ 第4章 交流配电网设备	43
4.1 概述	43
4.2 配电变压器	43

4.3	开关	52
4.4	配电线路	55
4.5	配电网其他设备	60
4.6	本章小结	67
▶▶	第5章 直流配电系统	68
5.1	概述	68
5.2	直流配电网中的换流设备	69
5.3	直流配电网中的发电设备	71
5.4	直流配电网中的输变电设备	73
5.5	直流配电网中的用电设备	76
5.6	本章小结	77

第 三 篇 配电网二次系统

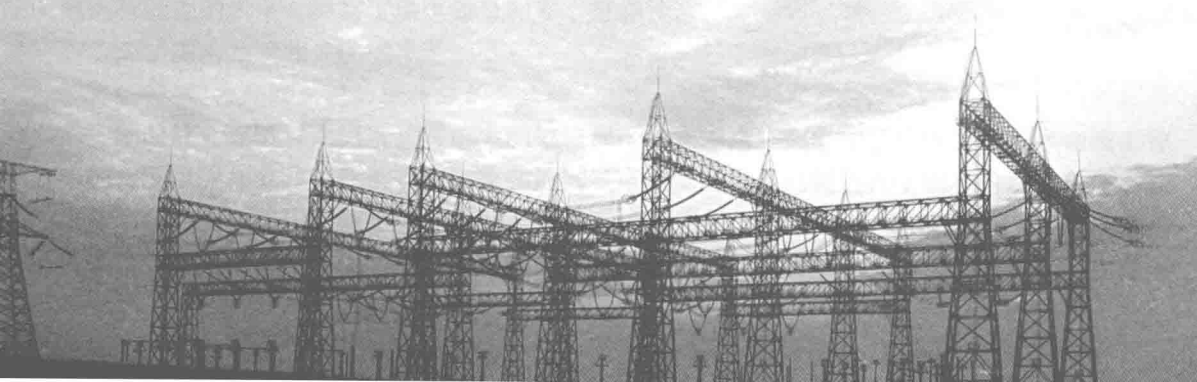
▶▶	第6章 配电网保护与安全自动装置	81
6.1	概述	81
6.2	配电网保护原理与设备	81
6.3	配电网安全及自动装置	90
6.4	本章小结	94
▶▶	第7章 配电自动化	95
7.1	配电自动化概述	95
7.2	配电自动化主站	98
7.3	配电自动化终端	108
7.4	配电网馈线自动化	112
7.5	本章小结	117
▶▶	第8章 配电通信网	118
8.1	配电通信网概述	118
8.2	配电通信网业务需求	119
8.3	配电通信网的结构	120
8.4	配电通信网技术	121
8.5	本章小结	137
▶▶	第9章 智能配电网及安全防护	138
9.1	概述	138
9.2	智能配电网自愈控制	140
9.3	一体化电网运行智能系统 (OS2)	147
9.4	配电网区域控制保护	159
9.5	二次安防	160
9.6	本章小结	163

第 四 篇 配电网调度管理与控制

▶ 第 10 章 配电网规划与运行协同管理	167
10.1 概述	167
10.2 配电网规划	167
10.3 规划与运行协同原则	170
10.4 规划与运行协同主要内容	173
10.5 典型案例	179
10.6 本章小结	180
▶ 第 11 章 配电网并网管理	181
11.1 概述	181
11.2 配电设备并网交接试验	182
11.3 配电设备并网准备和启动	183
11.4 配电网图模管理	187
11.5 本章小结	189
▶ 第 12 章 配电网风险管理	190
12.1 概述	190
12.2 配电网风险量化评估	191
12.3 典型案例	195
12.4 本章小结	197
▶ 第 13 章 配电网运行计划管理	198
13.1 概述	198
13.2 有序用电管理	198
13.3 配电网运行方式管理	201
13.4 配电网检修计划管理	202
13.5 本章小结	205
▶ 第 14 章 配电网运行控制	206
14.1 概述	206
14.2 配电设备运行监控管理	206
14.3 配电网无功平衡与电压调整	207
14.4 配电网电能质量优化与控制	209
14.5 配电网经济运行优化与控制	211
14.6 配电网运行操作与事故处理	212
14.7 本章小结	219
▶ 第 15 章 配电网运行评价和改进	220
15.1 概述	220
15.2 系统运行统计	220
15.3 系统运行分析与改进管理	222

15.4 配电网系统运行评价方法	224
15.5 本章小结	232
► 参考文献	233

第一篇 总论



一、配电网概述

电力系统由发电、输电、变电、配电和用电等环节组成。配电网作为电力传输的最后环节,担负起联系用户与电力系统的中间角色。配电网按电压等级分类,可分为高压配电网(35~110kV)、中压配电网(6~20kV)、低压配电网(220/380V)。

19世纪末及20世纪初,电力技术迅速发展,出现了现代电力系统的雏形。大容量发电厂发出的电力经变压器升压后,通过长距离线路输送到负荷中心,再经变压器降压后由配电线路分配给不同用户。到20世纪60年代末,发达国家基本建成了跨地区甚至跨国家电网线路互联的大型电力系统。与此同时,我国电力工业迅速发展,70~90年代实现了跨省、跨区域联网。20世纪90年代中期,由于存在全国性缺电、配电网薄弱等问题,供电可靠性得不到保障,有的地方甚至出现了有电送不出去的被动局面。自1998年后,国家投入大量资金进行城市及农村配电网改造,供电能力及供电质量明显改善,同时配电网损耗也显著降低。

进入21世纪以来,国内外电力行业、研究机构和企业开展了一系列研究和实践,对未来配电网的发展模式进行了积极的思考与探索。智能配电网是以物理电网为基础,将现代先进的传感测量技术、通信技术、信息技术、计算机技术和控制技术与物理电网高度集成而形成的新型电网,也是全球电力行业对未来挑战的共同选择。

回顾配电网发展历程,呈现如下几个主要特征:

(1) 配电网的电压等级随着电力系统的发展而不断提高。早期的高压配电线路采用6kV及以下的电压等级,低压配电线路电压等级为380/220V。随着发电、传输、配送电力容量的增长,电力系统不断发展,输电线路电压等级不断提高,中压配电电压也不断规范并提高,我国中压配电网普遍采用10kV电压等级(部分发达国家规范采用20kV),高压配电线路电压等级则上升到110kV(或63kV)。

(2) 配电设备容量不断提高。高压配电变压器早期容量约数千千伏安,现在达到数万千伏安,中压配电变压器早期容量数十千伏安,现在达到数百千伏安,高中压配电线路主干导线截面由几十平方毫米增加到240~400mm²,断路器通断能力提高到31.5~40kA,并且广泛采用节能性能好、低损耗的设备,从而适应了用电负荷不断增长的需求。

(3) 配电网结构逐步完善。早期配电网网络以放射形为主,随着对供电可靠性与灵活性要求的提高,逐步发展成为以今天的环形接线和分段多联络结构为主,个别国家与地区甚至采用环形网络闭环运行方式(如新加坡的中压配电网),以最大程度地减少故障引起停电。

(4) 配电网运行管理自动化、信息化。随着计算机、通信技术的发展,配电网的运行管理发生了深刻的变化。将配电网的实时运行、电网结构、设备、用户以及地理图形等信息集成,构成完整的自动化系统,实现配电网运行监控及管理的自动化和信息化,大大提高了配电网运行管理的水平,提高了供电质量和安全性。

二、国内外现状

(一) 国内外配电网的现状分析和比较

随着社会经济和人民生活对电力的依赖程度越来越高,配电网已经成为城市生命线工程中的重要组成部分。国际上发达国家和地区城市电网的发展已经进入了饱和阶段,负荷增长率从20世纪80年代起就进入了平稳增长阶段,年负荷增长率仅在1%~2%,其他相关指标也有类似的情况。相比之下,目前我国配电网还处于发展初期,其平均发展水平与发达国



家和地区 20 世纪 60~70 年代负荷快速增长时的水平基本相当。因此,有必要了解这些国家配电网发展成熟期的情况,根据其有关社会、经济、人口等类别的统计信息,与我国的相关信息进行比较和相关分析,深入了解发达国家发展智能电网的背景,为我国配电网的发展提供参照。

经济发达国家的城市人口比例、城市面积比例等社会指标,远比我国的高,而居民生活用电的支出比例又远比我国的低,即配电网的供电量在总电量中的比例远比我国的高,配电网在电力系统中的作用远比我国的大,对配电网供电质量的各项指标要求也较高。

在产业结构中,我国的第二产业占主导地位,而发达国家的第三产业一般占主导地位。由于我国分散的居民负荷比例较低,第二产业中集中的直供大负荷较多,而第三产业的负荷分布较分散,因此负荷点之间的联系较少,这使得我国配电网虽然能够满足用电需求,在结构上不需要太多的联络,但这也是造成配电网故障时没有足够的转移能力、可靠性较低的原因。发达国家分散的居民负荷和商业负荷比例较高,其负荷点之间的联系较紧密,这使得其配电网的联络较强,故障时有较高的负荷转移能力,这也是发达国家配电网供电可靠性高的原因之一。据统计,1980~1985 年,美国和英国用户年平均故障停电时间仅约为 70 分钟,日本则减少到了约 0.38 次/年和 30 分钟/年。高可靠性不仅依赖于网络的可靠性,而且还要依靠不停电作业等技术措施,例如,日本东京 1995 年每一客户的年平均施工停电时间为 2 分钟。我国城市电网的供电可靠性仅为发达国家 20 世纪 80 年代的水平。

随着社会经济的发展、配电网的技术进步,以及一定的投资保证,我国电网的综合线损率与主要发达国家电网的综合线损率都基本呈平稳下降趋势,但与主要发达国家相比,我国电网的综合线损率仍高 1~2 个百分点。目前国家要求电网企业每年降低 0.3% 的损耗,电网企业可能需要综合考虑网络改造与新设备投资的成本效益问题。

(二) 我国配电网发展面临的主要形势

近年来,我国配电网在技术和管理方面有了很大改观,出现了一些新的管理方式和新技术成果。2011 年,南方电网公司在辖区内开展的配电网示范工程建设效果显著。在一些试点城市的核心区,户均故障停电时间达到 5 分钟,而在重点城市 200km² 的核心区域,则达到 4.5 分钟。此外,电网企业在实现不停电作业后,也在推进不停电作业,国家电网公司和南方电网公司辖区内已有很多城市开展了不停电作业,大大减少了停电时数。然而,我国配电网在取得一些发展成绩的同时,依然存在着一一些问题,有待进一步完善、提高。

(1) 城乡配电网差异大。我国是发展中国家,从城市而言,城市规划在不断调整和更新中,城市资源的稀缺性已经成为制约城市电网发展的重要因素。作为城市基础设施(电、水、气、通信、交通)的重要组成部分,城市电网规划和城市规划有效衔接还远远不够,线路走廊和变电站选址将非常困难。考虑农村电网的情况,我国幅员辽阔,各地区经济发展和电网发展水平差异很大,经济发达地区和欠发达地区城市发展所处的历史阶段不同,现在电网企业已经认识到该问题,已经制定了差异化管理方针,以适应我国各类型、各发展阶段城乡配电网发展的需要。

(2) 配套法规、标准有待完善。我国电力监管部门对配电网供电质量和供电可靠性的相关配套奖惩制度并不完善,电网企业相关技术规程规定也不够完善,设计标准偏低,设计水平年偏短,使得现有设备年限偏短,为将来的大规模改造留下隐患。随着我国社会对供电可靠性要求的日益提高,我国相关的供电法规及技术指标体系日益健全,现有的城乡配电网也

要适应这些外部条件的变化。

(3) 技术水平偏低。我国很多城市的中心城区高压配电以 110kV 供电为主, 中压配电以 10kV 为主, 容量小、配电电压等级低, 已经很难满足用电进一步增长和分布式电源接入的需求。另外, 我国配电网互联率低, 其自动化程度与输电网的水平依然有差距, 部分设备和系统的实用化程度不高, 难以满足快速、准确切除故障的要求。

(4) 供电可靠性有待提高。虽然目前我国城乡配电网供电可靠性水平尚能够满足当前社会经济发展的需要, 但是我国的供电可靠性(停电时间、停电频率)与发达国家尚有相当大的差距。此外, 随着信息化社会的建设, 用户对电能质量的要求已不再停留在过去简单的电压合格、频率合格、谐波达标的层面上, 对三相不平衡度、电压瞬间跌落、闪变等方面也提出了更高的限制要求。

(5) 管理模式亟待改变。我国电网的规模已经达到了世界第一, 相应的城市配电网也已经达到了相当大的规模。对于这种特大规模的配电网, 迫切需要标准化、制度化、信息化的科学管理模式。配电网的管理模式亟待向更加精细高效的管理方式转变, 从而进一步提高供电企业的经济效益和精细化管理水平。

(三) 我国配电网发展所需采用的新技术

目前, 全球可再生能源(Renewable Energy Resources, RES)迅速发展, 低碳经济成为当前的关注热点, 而我国社会经济正处于向低耗能、高效率的高度创新型社会发展的转型时期, 配电网将会在质和量两方面有更大的发展, 需要在满足负荷快速增长的同时发展智能电网新技术。此外, 安全可靠的供电也要求配电网和供用电设备采用新的技术。因此, 可以考虑以下六个方面的新技术。

(1) 提高规划设计水平的技术。作为规划人员, 需要思考如何在给定投资额度的条件下获得尽可能高的可靠性, 如何在给定的可靠性目标下尽可能减少投资。配电网规划新技术应首先采用现代的以可靠性为目标的规划技术, 而不是采用传统的基于预想事故的规划方法。高水平的配电网规划设计就是, 制定可以满足可靠性目标、具有灵活性和经济性的网络规划方案, 并能够考虑各方面的影响, 如网络其他部分的需求、环境、电力需求以及分布式发电等各种变化条件。

(2) 提高配电网自动化水平的技术。供电企业应持续提升配电自动化覆盖率, 提高配电网运行监测、控制能力, 实现配电网可观可控, 并以缩短故障恢复时间, 准确判断故障区域和故障类型为目标, 为广大电力用户不间断地提供优质电能。同时应采用高可靠性的配电自动化设备, 保障配电自动化终端设备在线率。由于配电自动化终端设备数量众多、分布区域大、通信网组织困难, 应使用多种方式结合的混合通信方式, 全面满足各种规模的配电自动化终端设备接入需求。

(3) 提高运行管理水平的技术。提高运行管理水平首先要通过合理安排运行方式, 落实各项安全措施, 合理做好电力电量平衡工作, 采取严格的运行控制措施, 严禁设备超能力运行现象; 其次要加强设备技术监督和运行维护工作, 及时排查设备安全隐患, 坚决防止设备长时间带病运行; 最后要做好城市电网黑启动预案和实际演练, 落实事故处理预案和事故抢修的各项安全措施, 切实提高电网应急处理和安全保障能力。

(4) 减少事故和作业停电时间的技术。供电企业可以采取各种对策来减少事故停电时间。过去主要是用高可靠性设备作为对策; 后来通过配电自动化系统来自动切除故障区间,



使供电可靠性有很大提高。今后可采用设备状态检修的技术进行设备寿命管理,尽量消除由设备劣化引起的配电事故。其次,关于作业停电时间,应尽量避免使用旁路电缆施工方法和临时变压器施工方法等,使用不停电作业法。同时不停电作业应做到更简化、更省力,以扩大其适用范围,并从施工器材和施工方法两方面进行改良和开发。

(5) 提高施工现代化水平的技术。为了改善劳动环境,架空线的施工条件已经引进高空作业车进行机械化施工。此外,地下线路工程中挖掘工作在建设费用中所占比例很大,也应考虑尽量采用机械进行。从协调环境及便于作业的观点出发,还需要开发主要适用于城市密集地区的新配电设备及新安装方法。利用遥控技术,采用能够实现远方操作的机械手,在带电状态下可进行配电作业。电缆接头的施工需要熟练技术,遥控进行自动接头的施工工艺也正在进入实用化阶段。

(6) 适应分布式电源接入的技术。分布式电源的发展,特别是并网分布式电源的发展给配电系统提出了许多新的课题。分布式电源可能带来的电能质量问题、配电网效益下降问题以及配电网运行控制问题等,都应和配电自动化系统综合考虑。目前国内外正在研究的技术有微电网、主动配电网等技术。

三、本篇小结

本篇主要介绍了配电网的基本概念、发展历程及其特征,对国内外配电网的现状进行了比较,分析了我国配电网发展面临的主要形势,提出了配电网相关新技术。

第二篇 配电网一次系统

