

电力改革及 新能源技术

[日] 横山隆一 著

周意诚 余锦华 吴国红 苏林 卓拉 译



**Liberalization of Electricity Markets
and Technological Issues**

清华大学出版社

013033662

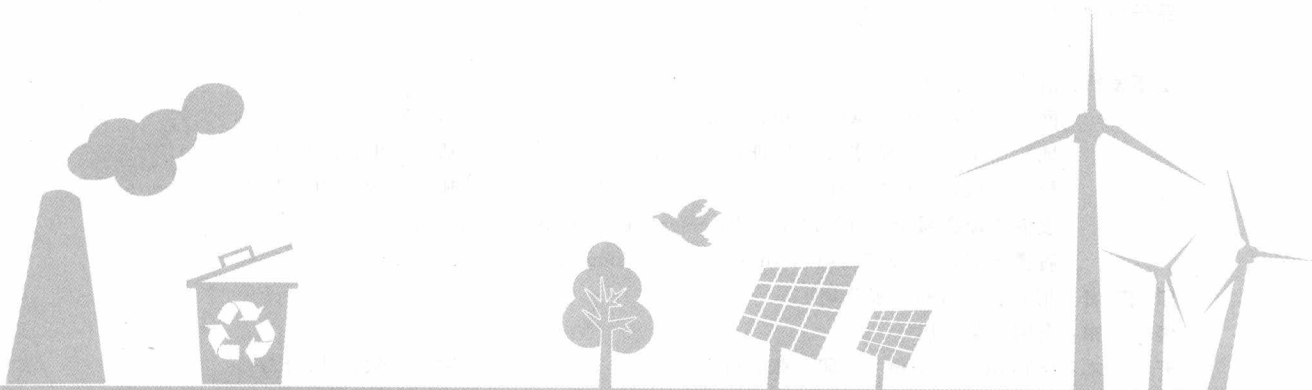
F407.61
24

Liberalization of Electricity Markets and Technological Issues

电力改革及新能源技术

[日] 横山隆一 著

周意诚 余锦华 吴国红 苏林 卓拉 译



清华大学出版社



北航

C1639717

F407.61
24

内 容 简 介

随着电力市场化的形成、新能源的普及,电力系统的经济性和可靠性成为该领域广受注目的一个研究方向。特别是近年来智能电网的普及又对电力改革和新能源开发提出了新的挑战和要求。本书主要阐述电力系统市场化的相关经济原理以及新能源的技术开发等方面的内容。主要包括:电力经济基本理论、电费设定理论、最优潮流计算、电力系统控制及稳定化分析、分布式发电技术、发电机技术、电能品质等。

本书适用范围较广,既可供从事电力系统规划、管理,以及新能源开发设计的技术人员、管理干部等使用,也可以作为电力系统、发电、输电和自动控制等专业的高年级本科生或者研究生的教学参考书。

北京市版权局著作权合同登记号 图字:01-2009-5239

Denryoku Jiyuuka to Gijutsu Kaihatsu

Copyright © 2001 by Ryuichi Yokoyama

Chinese translation rights in simplified characters arranged with Tokyo Denki University Press, Tokyo through Japan UNI Agency, Inc., Tokyo

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

电力改革及新能源技术 / (日) 横山隆一著;周意诚等译. --北京:清华大学出版社, 2013. 2

书名原文: Liberalization of Electricity Markets and Technological Issues

ISBN 978-7-302-30237-7

I. ①电… II. ①横… ②周… III. ①电力市场—市场改革—研究 ②新能源—技术—研究
IV. ① F407.61 ② TK01

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 228973 号

责任编辑:张占奎 赵从棉

封面设计:常雪影

责任校对:刘玉霞

责任印制:杨 艳

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

邮 编:100084

社 总 机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质量反馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 装 者:北京嘉实印刷有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:21.5

字 数:514 千字

版 次:2013 年 2 月第 1 版

印 次:2013 年 2 月第 1 次印刷

印 数:1~2000

定 价:58.00 元

产品编号:028087-01

译者简介

周意诚 工学博士

IEEE Senior Member, 日本电气学会高级会员

现任富士通株式会社 智慧城市推进本部 高级经理

zhouycjp2000@gmail.com

余锦华 博士(工学)

IEEE Senior Member, 日本电气学会高级会员

现任东京工科大学计算机科学学部教授

she@stf.teu.ac.jp

吴国红 工学博士

IEEE Member, 日本电气学会会员

现任日本东北学院大学工学部电气情报工学科教授

wugh@tjcc.tohoku-gakuin.ac.jp

苏林 工学博士

日本电气学会会员

现任 JP Business Service Co. 高级技术经理

nilsu.you@gmail.com

卓拉

在日本电力公司勤务后,现任日本某大型商社中国关联事业部门经理

E-mail: Z. rambkil@gmail.com

推荐词

2000年3月开始实现的电力改革及新能源技术,虽说还是局部的,但已对各方面产生了深刻的影响,并取得了一定的成果。其中特别值得注意的动向是,从前被社会科学和理工学分开的电力产业,逐步开始被作为一门综合的科学来研究。由横山隆一教授编写的本书,可以说是代表了这些成果的一本力作。

特别是对文科的读者来说,将较难理解的技术上的侧面和管制改革及经济理论的解说有机而巧妙地结合了起来。相信对电力事业感兴趣的所有读者来说,本书是一本有益的指导书。

南部鹤彦

学习院大学经济学部教授

译者序

由于现代电力系统的迅速发展,以及大家对能源和环境的日益重视,电力系统新能源技术已在全世界范围内引起人们的关注。一本能够全面反映电力改革及相应的经济理论、新能源技术、分布式能源技术、能源综合优化技术和用户侧能源管理技术的专业书和参考资料,对于高等工科院校与电力系统有关专业的在校学生以及从事电力系统科研、生产、应用等工作的工程技术人员来说,是非常有必要的。鉴于此,清华大学出版社及时引进了本书的中文译本,可谓契合时代的需要。

本书的作者——日本早稻田大学理工学部横山隆一教授主要从事电力系统工程、电力市场分析、大规模系统模拟、能源系统分析的教学与研究工作。他是一位在电气工程、电力系统自动化、控制工程领域有着重要影响的国际知名学者。历任日本电气学会电力与能源部门委员长、评议员,电气学会电力技术调查专门委员会委员长,通产省电力事业审议会委员,经济产业省调查与研究委员会委员长等,目前是 IEEE Fellow 及 CIGRE、日本电气学会、电气设备学会、系统控制学会的高级会员或会员。发表专著 10 多部,在国际及日本等重要期刊上发表学术论文近 200 篇。

有关本书的内容在序中有详细介绍,在此不再重复。本书由周意诚、余锦华、吴国红、苏林、卓拉负责翻译。具体分工如下:周意诚承担了第 3、5、8、9、13 和 14 章的翻译工作,并负责全书的统稿工作;余锦华承担了序、第 4、6、12 章的翻译工作;吴国红承担了第 10、11 章的翻译工作;苏林承担了第 2、7 章的翻译工作;卓拉和周意诚共同承担了第 1、15 章的翻译工作。

武汉大学孙元章教授,清华大学康重庆教授对本书翻译出版给予了大力的帮助,在此深表感谢。同时衷心感谢清华大学出版社张占奎、赵从棉两位编辑细心的工作和耐心的鼓励。在本书翻译工作中,现任教于中南大学的刘芳副教授为排版做了许多工作,在此一并感谢。

如果本书的翻译出版能为中国的电力事业和电力系统的发展尽绵薄之力,我们将由衷地感到高兴。

翻译代表

周意诚

富士通株式会社

2012 年 6 月于东京

序

世界各国正在放松能源领域的管制并推进其自由化,特别是美国创立的竞争型电力市场、英国向电力完全自由化的过渡以及欧盟电力自由市场的整合对日本电力事业的现状产生了极大的影响。1997年7月召开的电力事业审议会基本政策委员会提出了可称为日本式电力零售自由化的“部分自由化”政策。该政策与1995年12月开始实施的批发电力事业自由化相结合,增加了选择的自由度,使大型电力用户不仅能从区域内的电力部门也可从区域外的新发电商及电力部门购买电力。而且对准备进入供电行业的企业来说,除采用自己的发电设备供电之外,还可以通过区域内的其他发电商采购电力。此外,还明确了批发托运和收费的规则。从2000年3月开始,日本也真正打开了基于竞争原理的电力市场自由化的大门。今后,为了在新的环境下提高电力行业的经营效率并确保供电系统的可靠性,如何构造电力设备系统、公平地进行系统运行和送电服务是急需解决的问题。

在这种电力自由化的潮流中,为了缩短建设周期,构造用户附近的局部送电网以减少输电网的负担,提供清洁能源以防止地球温室效应,近来,分布式电源受到了极大的关注。分布式电源指采用天然气热电技术、微型燃气轮机和燃料电池等新能源的发电系统以及风力和太阳能发电等利用自然能源的发电系统。综合资源能源调查会新能源部门会议2001年5月预计,按现有的政策,供电方2010年度导入的新能源约合 8.78×10^9 L石油,仅占1次能源总供应量的1.4%。如果政府和民众立足现状并进行最大限度的努力则可望实现 1.91×10^{10} L石油的目标,占1次能源总供应量的3.2%。为了促进新能源(可再生能源)电力的导入,我们不仅需要通过法律措施完善各种制度,还需要进行下列重要的技术开发:评价将新能源分布式电源引入系统时对系统的计划和运行所产生的影响,制定系统连接时的连接技术条件并完善系统保护,进行关于系统频率、电压、高频成分等的电力质量管理和控制的研发。

同时,电力自由化也给系统运行带来了忧患。放宽管制导致了美国西部地区大停电事故(1994年12月、1996年7月、1996年8月)、马来西亚的系统崩溃(1996年8月)、新西兰北岛的长时间停电(1998年1月)等频繁的电力系统故障。这是由于电力自由化而导致的输电网络的公用载波化,由于大量的电力市场供求者之间复杂的电力交易而导致的网络运行畸变,电力潮流陷入了阻塞(超负载)状态而引起的。为了解决这个问题,需要开发对可输送容量的计算和评价、系统稳定度、电压稳定性、防止故障传播等与确保供电可靠性相关的技术,以及能提高可输送容量的电力设备的相关技术。

在美国首先实现了电力自由化的加利福尼亚州正遭受着电力危机的冲击。该州最大的电力公司太平洋燃气与电力(PG&E)负责给相当于该州40%居民的1300万人供电,首先陷入了经营难的困境。由于无法筹措足够的资金而无法提供足够的电力,只好有计划地实

行大范围的停电措施,最终导致了该公司的倒闭。在能源领域中引入竞争机制的大旗下各种限制正在不断放宽,该州的电力公司需要承担将发电和输电部门分开以及从电力批发交易所(PX)采购电力的义务。因此,电力公司需要从交易所购买电力然后再给企业或一般消费者送电。由于关于环境的各种严格限制和电力需求动向的不透明,该州近10年完全没有更新发电设备。在这种状况下,以硅谷为代表的IT产业的高速发展、人口的激增,再加上暴雨、寒流、酷暑的异常气候等各种原因同时引起了电力消费的激增,使电力无法满足要求而导致了电力价格的暴涨。这被认为是导致危机的最主要原因。不过,有人认为这是因为在刚刚起步的自由电力市场中发电个体希望高价贩卖电力而导致了供求和价格的调整而引起的。也有人认为这是由前一天现货市场、发电设备的强制贩卖命令、回收搁置成本之前的结算价格上的限制等市场机制的不成熟所造成的。为了解决这些问题,改善供电可靠性的监视机构,确立高可靠性送配电设备的计划方法,开发可靠性分析软件和双向信息通信技术等的重要性得到了重新认识。

关于日本电力事业体制,已决定先用3年时间对到2000年3月为止的部分自由化效果进行验证,然后再确定是否实施进一步的自由化。消费者对现有的供电体制、能源状况、国际及地区间的系统连接结构、供电的可靠性及运行的稳定性提出的要求都不尽相同,而且各国的国情也不一样,因此,所选择的电力市场的自由化道路也需要适合各国的国情。日本具有稳定提供世界上最高品质和可靠性电力的优势,希望在决定今后的电力自由化方向时,不要简单地模仿外国,选择能发挥日本供电事业特点的最佳方式。

本书针对在电力自由化这种新环境中提高电力事业的经营效率并确保供电可靠性所需的主要软件和硬件技术进行了详细叙述。包括电力市场的基础经济学理论(第2章,冈田健司),输电服务及输电费用定价理论(第3章,浅野浩志),短期边际成本和最优潮流计算(第4章,久保川淳司),系统运行、控制与辅助服务(第5章,栗原郁夫、冈田健司),稳定度评价和特征值解析(第6章,的场诚一),供电可靠性评价与电力设备规划(第7章,陈洛南),电力系统分析的支持仿真技术(第8章,中西要祐),分布式电源联网和电压管理技术(第9章,福山良和),分布式电源系统的联网和单独运行检出技术(第10章,舟桥俊久),新能源利用和可变速电机技术(第11章,小柳薰),电力品质保证与电力电子(第12章,荒井纯一),新能源利用与分布式电源(第13章,藤田吾郎),分布式电源对系统规划的影响评价(第14章,新村隆英)。我们衷心地期望本书中所介绍的各种先进技术能有助于电力事业和电力系统的发展,为降低供电成本、提高供电的可靠性和稳定性尽绵薄之力。

横山隆一

目 录

第 1 章 电力自由化和技术课题	1
1.1 电力自由化的原因和供给形态的变迁	1
1.1.1 电力自由化的原因	1
1.1.2 电力自由化的潮流和供给形态	2
1.1.3 根据资本形态进行电力供给事业体系的分类	4
1.1.4 垂直统合型、水平分割型电力供给事业系统	5
1.1.5 导入竞争后的电力供给形态的变迁	5
1.2 英国电力自由化的动向	8
1.2.1 电气事业的民营化和完全竞争供给形态	8
1.2.2 制定电力联营体市场和交易电力的步骤	9
1.2.3 电力联营体市场中的电力交易的构造	11
1.2.4 导入竞争后对电力事业的影响	12
1.2.5 走向完全自由化及今后的动向	12
1.3 美国电力自由化的情况	15
1.3.1 美国电力自由化的过程	15
1.3.2 公布 FERC Order No. 888 和 No. 889 促进电力自由化	15
1.3.3 通过设立 ISO 进行电气事业改组	16
1.3.4 加州混合电力交易形态	17
1.3.5 传输输电系统	19
1.4 欧盟(EU)的电力自由化	19
1.4.1 EU 电力市场自由化的原因	19
1.4.2 EU 委员会关于电力市场自由化的提案	20
1.4.3 自由化电力市场的选择制	21
1.4.4 分开输电事业的机能	22
1.4.5 全欧电力市场设想和加盟国家的动作	22
1.4.6 今后的课题	22
参考文献	23
第 2 章 电力市场的基础经济学理论	25
2.1 电力产业概要	25
2.1.1 供电体系与电力系统的特点	25

2.1.2	电力产业的自然垄断和管制的根据	28
2.2	需求及供给的经济学理论	30
2.2.1	基本经济问题	30
2.2.2	需求曲线的基本性质	30
2.2.3	供求函数及费用的概念	32
2.3	完全竞争市场的供求平衡与社会福利	37
2.3.1	市场构造的特征	37
2.3.2	完全竞争市场的供求平衡	38
2.3.3	消费者剩余、生产者剩余及社会福利	40
2.4	不完全竞争市场的特征	41
2.4.1	独占市场	41
2.4.2	独占市场竞争	43
2.4.3	寡头(双头)垄断市场	43
2.5	电力自由化的各种问题	43
	参考文献	45

第3章	输电服务及输电费用定价理论	47
3.1	输电服务与输电费率	47
3.1.1	输电开放与输电费率	47
3.1.2	输电成本	49
3.2	输电定价方法	49
3.2.1	总括费用方式和边际费用方式	49
3.2.2	为了回收固定费的接续费率的设定	51
3.2.3	边际费用方式的特征及节点定价	52
3.3	输电线阻塞管理和输电利用权的导入	59
3.3.1	输电线阻塞解消程序	59
3.3.2	输电线阻塞费率	61
3.3.3	输电利用权的导入	62
3.4	欧美各国输电费率设定方法的动向	64
3.4.1	英国的输电费率	64
3.4.2	德国的输电费率	65
3.4.3	美国的输电费率	69
3.4.4	北欧的输电费率	70
3.5	日本的输电费率	72
3.5.1	托送制度概要	72
3.5.2	托送费率体系	73
3.6	今后的课题	75
	参考文献	76

第 4 章 短期边际成本和最优潮流计算	77
4.1 短期边际成本算法	77
4.1.1 短期边际成本的定义	77
4.1.2 基于直流潮流计算法的节点价格算法	78
4.2 最优潮流法的公式化	79
4.2.1 OPF 问题的定式化	80
4.2.2 目标函数	80
4.2.3 等式约束	80
4.2.4 不等式约束	81
4.3 基于内点法的最优潮流算法	81
4.3.1 基于原-对偶内点法的 OPF 模型	81
4.3.2 原-对偶内点法的算法	83
4.3.3 原-对偶内点法求解 OPF 实例	84
4.4 最优潮流算法的扩展	85
4.4.1 不可实现运行条件下的最优潮流算法	85
4.4.2 考虑了电压稳定度的最优潮流算法	86
4.4.3 考虑了稳定度约束的最优潮流算法	88
4.5 结论	91
参考文献	91
 第 5 章 系统运行、控制与辅助服务	 94
5.1 电力市场辅助服务的必要性	94
5.2 电力系统的系统运行及其控制的现状	95
5.2.1 系统运行、控制的种类	96
5.2.2 以个别发电商/用户为对象的系统运行、控制	100
5.3 美国的辅助服务的基本模式及其问题点	102
5.3.1 美国辅助服务的基本模式	102
5.3.2 加州辅助服务的实例	108
参考文献	113
 第 6 章 稳定度评价和特征值解析	 116
6.1 电力系统的稳定度解析方法及其在电力自由化中的作用	116
6.1.1 电力系统的稳定度	116
6.1.2 近年的稳定度问题和政策宽限	117
6.1.3 稳定度解析中的特征值方法	117
6.2 线性微分方程的稳定性和特征值解析	119
6.2.1 线性微分方程解的特征值表示	119
6.2.2 数字控制系统的特征值解析	121
6.3 电力系统特征值解析法的数学模型	124

6.3.1	电力系统动特性方程	124
6.3.2	特征根数值解析法	125
6.4	大规模电力系统的特征值解析法	128
6.4.1	大规模电力系统的特征值解析法的特点	128
6.4.2	考虑了矩阵稀疏性的特征值算法	129
6.4.3	特征值计算的高效化	131
6.4.4	大规模特征根解析今后的课题	133
	参考文献	133
第7章	供电可靠性评价与电力设备规划	135
7.1	供电可靠性与生产成本的评价方法	135
7.1.1	等价负荷持续曲线和可靠性指标	136
7.1.2	直接卷积积分法(RCT法)	137
7.1.3	快速傅里叶变换法(FFT法)	138
7.1.4	傅里叶级数近似法(FEA)	138
7.1.5	GCE级数法	139
7.1.6	比较	140
7.2	在电力市场中的用户的可靠性指标及其计算方法	141
7.2.1	对于用户方的可靠性指标	141
7.2.2	蒙特卡罗法的应用	142
7.2.3	蒙特卡罗快速算法	143
7.3	多地区的电源扩张规划	144
7.3.1	多地区的电源规划的数学模型	144
7.3.2	下级问题及其解法	146
7.3.3	上级问题及其解法	146
7.3.4	评价	147
7.4	考虑到不确定性的电源开发规划	148
7.4.1	双层统计规划的数学模型	148
7.4.2	统计电源规划问题的计算	149
7.4.3	算法	151
7.4.4	小规模系统的计算与比较	152
7.4.5	大规模系统的计算与比较	155
7.4.6	评价	157
	参考文献	157
第8章	电力系统分析的支持仿真技术	160
8.1	电力系统分析技术	160
8.1.1	系统分析软件	161
8.1.2	仿真器	162

8.2 电力自由化中仿真技术的课题与实例	163
8.2.1 配电系统中分布式电源模拟技术的必要性	163
8.2.2 输电线利用仿真	165
8.3 模拟实例	166
8.3.1 供应可靠性分析评价支援软件: PROMOD IV	166
8.3.2 输电可能容量评价支援软件 PSS/E	168
8.3.3 长周期系统现象评价分析支援仿真器 EUROSTAG	172
8.4 电力系统模拟技术的开发动向	175
8.4.1 模型的库化和模拟结果可视化技术	175
8.4.2 实时模拟技术	176
8.4.3 综合型仿真技术	176
8.4.4 独立系(IPP)的导入评价及运行支援技术	177
8.4.5 紧急时供电指令的公平性验证技术	177
参考文献	178

第9章 分布式电源联网和电压管理技术

9.1 输电系统电压稳定性分析及管理	179
9.1.1 连续型潮流计算	179
9.1.2 P-V 曲线的场景设定	181
9.1.3 由简单仿真的比较	182
9.2 输电系统假想事故分析的电压管理	183
9.2.1 Look-Ahead 法	183
9.3 用于配电系统电压管理的高速潮流计算	185
9.3.1 放射状潮流计算	186
9.4 电压控制设备的最优整定	190
9.4.1 最优整定问题的数学描述	190
9.4.2 Reactive Tabu Search(RTS)法概要	192
9.4.3 最优整定方法	192
9.4.4 仿真实验	197
9.5 配电系统电压控制装置的协调控制	199
9.5.1 协调控制方法的基本方法讨论	200
9.5.2 协调控制系统概要	200
9.5.3 仿真实验	201
9.6 小结	202
参考文献	202

第10章 分布式电源系统的联网和单独运行检出技术

10.1 分布式电源系统的联网和电力品质	204
10.1.1 频率变动	204

10.1.2	电压变动	204
10.1.3	高频谐波	205
10.1.4	可靠性	206
10.2	单独运行检测的必要性	206
10.2.1	单独运行	206
10.2.2	单独运行的弊害	207
10.2.3	现有的单独运行检测技术	207
10.2.4	被动方式和主动方式	209
10.3	单独运行检出技术(被动方式)	209
10.3.1	频率变化率检测方式(ROCOF)	210
10.3.2	电压相位偏移检测方式	210
10.4	单独运行检出技术(主动方式)	211
10.4.1	无功功率变动方式	211
10.4.2	QC 模式频率偏移方式	213
10.4.3	负荷变动方式	214
10.4.4	频率偏移方式	214
10.4.5	非整数次高频谐波注入方式	214
10.4.6	另外的主动方式	215
10.5	单独运行检测继电器的动作序列	215
10.5.1	频率变动量的检测	215
10.5.2	无功功率变动方式的单独运行的检出序列	216
10.5.3	无功功率变动方式时的电压变动的减轻对策	217
10.6	今后的课题和将来展望	218
10.6.1	多数分布式电源联网状态下的单独运行检测	218
10.6.2	诱导风力发电机的单独运行状态的检测	219
10.6.3	利用电力电子技术和通信网实现新型自律分布 式电源的可行性	219
	参考文献	219

第 11 章	新能源利用和可变速电机技术	222
11.1	新能源利用和可变速电机技术的应用	222
11.1.1	新能源的系统导入	222
11.1.2	风力发电的概要和课题	222
11.1.3	在风力发电系统中的可变速技术的应用	223
11.2	可变速蓄水发电系统的构造和特征	225
11.2.1	夜间蓄水运行时的蓄水电力调整的可能性	226
11.2.2	系统稳定性的提高	226
11.2.3	发电运行时的运行效率的提高	227
11.3	可变速蓄水发电系统的控制方式	227

11.3.1	暂态稳定性等短时间区域解析·····	227
11.3.2	频率响应解析等长时间区域解析·····	228
11.4	可变速蓄水发电系统和系统稳定性·····	232
11.4.1	利用可变速机提高系统稳定性效果的解析模型·····	232
11.4.2	可变速机的稳定装置的设计例子·····	232
11.4.3	稳定装置的应用效果·····	235
11.5	作为系统联网装置的可变速旋转机器的应用研究·····	236
11.5.1	旋转型系统联网装置的构成和特性·····	237
11.5.2	简单模型系统上的系统联网装置的动态特性仿真·····	239
11.5.3	风力发电场和系统联网装置的应用研究举例·····	241
	参考文献·····	244

第 12 章 电力品质保证与电力电子 ····· 246

12.1	电力托运与输电线的输送能力的提高·····	246
12.1.1	输送功率·····	246
12.1.2	FACTS ·····	247
12.1.3	SSSC ·····	250
12.1.4	UPFC ·····	251
12.1.5	TCSC ·····	252
12.1.6	TCBR ·····	252
12.1.7	TCPST ·····	253
12.2	局部系统的运行和控制·····	253
12.2.1	自励式直流输电·····	253
12.2.2	他励式直流输电·····	254
12.2.3	晶闸管开关·····	256
12.2.4	限流器·····	256
12.3	高频成分与动态滤波器·····	257
12.3.1	LCR 无源滤波器 ·····	257
12.3.2	有源滤波器·····	258
12.3.3	组合型·····	258
12.4	今后电力质量的多样化和课题·····	258
	参考文献·····	260

第 13 章 新能源利用与分布式电源 ····· 261

13.1	概要·····	261
13.2	背景·····	262
13.2.1	新能源转换政策·····	262
13.2.2	研究、普及的支援体制 ·····	263
13.2.3	电力行业的绿色制度的导入·····	263

13.2.4	剩余电力的收购	263
13.2.5	ESCO 的成立	263
13.3	联网方法	264
13.3.1	分布式电源导入的法规的完善	264
13.3.2	联网的技术条件	264
13.4	风力发电	265
13.4.1	开发背景	265
13.4.2	标准系统	265
13.4.3	基础技术	265
13.4.4	导入事例	266
13.5	太阳能发电	268
13.5.1	开发背景	268
13.5.2	标准化系统	268
13.5.3	基本技术	269
13.5.4	导入事例	269
13.6	热电联产系统	270
13.6.1	开发背景	270
13.6.2	标准系统	271
13.6.3	基础技术	272
13.6.4	开发、导入的状况	273
13.7	燃料电池	276
13.7.1	开发背景	276
13.7.2	标准系统	277
13.7.3	基本技术	277
13.7.4	导入实例	278
13.8	小结	279
13.8.1	其他开发动向	279
13.8.2	分布式电源的极限	279
13.8.3	今后的动向	279
	参考文献	280
第 14 章	分布式电源对系统规划的影响评价	281
14.1	背景：分布式电源的影响评价	281
14.2	影响评价指标	282
14.2.1	最优潮流计算概要	282
14.2.2	评价指标	283
14.3	由模糊集指标进行综合评价	284
14.3.1	输电损失	285
14.3.2	环境影响	285

14.3.3	系统阻塞度	285
14.3.4	系统可靠性	286
14.3.5	电压分布	286
14.3.6	综合分析	286
14.4	应用实例	286
14.4.1	模型系统及设定	286
14.4.2	仿真评价(1):无托送时	287
14.4.3	仿真评价(2):有托送时	292
14.5	分析	296
	参考文献	296

第 15 章 电力自由化的今后展望 297

15.1	日本电力自由化的动向	297
15.1.1	部分自由化	297
15.1.2	对电力自由化效果的验证	297
15.1.3	售电自由化制度的整顿	299
15.2	欧美各国的电力自由化动态	300
15.2.1	走向统合电力市场的欧美的动态	300
15.2.2	法国电力自由化的动向	304
15.2.3	北欧各国的动向	305
15.2.4	德国的动向	308
15.2.5	意大利的动向	309
15.2.6	西班牙的动向	310
15.2.7	走向 EU 区域电力市场统合的新发展	311
15.3	电力市场自由化的课题	312
15.3.1	电力系统规划、运行中的几个问题	312
15.3.2	伴随着输电线开放的几个问题	312
15.3.3	电力事业竞争的对应	313
15.4	输电可能容量的计算和公开	313
15.4.1	竞争下的电力交易和输电可能容量的计算	313
15.4.2	可用输电能力的定义	314
15.4.3	可用输电能力的计算	315
15.5	关于地域输电机构(RTO)的最终规则(Order 2000)	316
15.5.1	设立地域输电机构(RTO)的提案	316
15.5.2	区域输电机构(RTO)的特征和功能	317
15.5.3	区域输电机构(RTO)的形成动向	318
	参考文献	319