

Wind Power in Power Systems

风力发电系统

[德] Thomas Ackermann 等 编著

谢桦 王健强 姜久春 译



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn



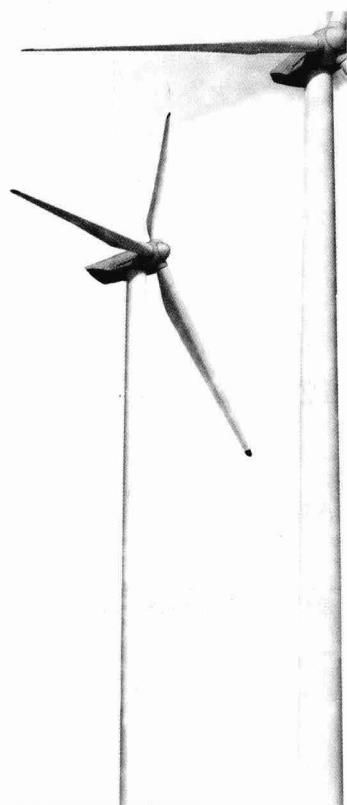
WILEY
Publishers Since 1807

Wind Power in Power Systems

风力发电系统

[德] Thomas Ackermann 等 编著

谢桦 王健强 姜久春 译



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书共有 4 部分。第 1 部分介绍风力发电的历史和现状、电机和电力电子技术的发展、世界各国的电能质量规范及并网技术要求等；第 2 部分介绍丹麦、德国、瑞典、美国和印度等国在风电接入电力系统方面的经验、教训以及相关的风能预测、经济分析和独立系统等方面的成果；第 3 部分探讨风力发电大规模发展过程中的电网电压控制、功率传输以及电能管理等方面的问题和解决方案；第 4 部分研究并网系统中的风力机建模及风电对系统稳定性的影响。

本书可供进行风能开发利用的科技人员参考使用。

Copyright © 2005 John Wiley & Sons, Ltd. The Atrium, Southern Gate,
Chichester, West Sussex PO19 8SQ, England

All Rights Reserved. Authorised translation from the English language edition
published by John Wiley & Sons, Ltd.

北京市版权局著作权合同登记号：图字 01-2006-5267

图书在版编目 (CIP) 数据

风力发电系统/(德)阿克曼(Ackermann, T.)等编
著；谢桦，王健强，姜久春译. —北京：中国水利水电出版社，2010

书名原文：Wind Power in Power Systems

ISBN 978-7-5084-5392-7

I. 风… II. ①阿…②谢…③王…④姜… III. 风力发电—
系统工程 IV. TM614

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 038683 号

书 名	风力发电系统
原 著 者	Wind Power in Power Systems
编 者	[德] Thomas Ackermann 等 编著
译 者	谢桦 王健强 姜久春
出 版 发 行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路 1 号 D 座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (营销中心)
经 售	北京科水图书销售中心 (零售) 电话: (010) 88383994、63202643 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京市兴怀印刷厂
规 格	184mm×260mm 16 开本 33.25 印张 788 千字
版 次	2010 年 5 月第 1 版 2010 年 5 月第 1 次印刷
印 数	0001—2000 册
定 价	128.00 元

凡购买我社图书，如有缺页、倒页、脱页的，本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

序一

我国石油资源短缺，而风能资源丰富，现探明可利用风能资源至少约为 10 亿 kW，相当于 40 多个三峡电厂的装机容量。据中国电力企业联合会公布的《2005 年全国电力工业发电统计年报》的数据，截至 2005 年底，全国共建成并正式投运的风电设备容量达 105.59 万 kW，其中，共有 40 座装机容量大于 6000kW 的大型风电场并网运行，已并网运行的风电总装机容量达 104.11 万 kW。这仅是我国风力发电这幕大剧的一个序幕。到 2010 年，网风电装机将达到 500 万 kW。

我国已经具备了 10 兆瓦级风机的国产化制造技术，风力发电技术发展已经进入“快车道”。风电不仅是可再生的能源，它还是解决我国广域分布电力负荷经济供电问题最有效的方式。我们知道风力发电场的出力有相当大的随机性，因此风力发电系统及其对电力系统运行影响和调控问题已成为亟待研究的重大科学问题。该问题的解决对风能利用开发将有着重要的科学和实践意义。该问题的解决将产生显著的社会和经济效益。

诸位手中拿到的这本译著是 Thomas Ackermann 教授将他和其他多位学者的相关论文编辑而成。该书阐明了电力系统中的风机建模、相关的电力电子技术以及电能质量控制等重要问题；并详细介绍了欧洲和印度并网风电建设的状况及其经验和教训；同时也探讨了风电并网系统中的电压控制、主动电网管理以及氢储存等一系列重要课题。我们应感谢谢桦博士将该书译成中文出版。该译著可供国内需要了解国外风力发电现状及有关经验的科技人员参阅，为正在进行风机建模以及对电力系统影响研究的人员提供宝贵的参考资料。同时，该书也为有志于风力发电的研究人员指出了研究的方向。目前，国内还很缺乏这种有关并网风力发电分析的著作，该书的问世将有助于推进我国风电工业的发展并为该领域的人才培养产生积极的作用。

清华大学 电机系

卢强

2009 年 9 月 9 日

序二

风力发电是风能利用的主要形式，也是目前再生新能源利用中技术最成熟、最具规模化开发条件和商业化发展前景的发电方式之一。从综合资源、技术、经济、环保等因素考虑，大规模发展风力发电是解决我国能源和电力短缺的一种战略选择，也是缓解日益严峻的环境保护压力的有效措施。

我国幅员辽阔、海岸线长，风能资源非常丰富。我国的风力发电技术经过从无到有、从小到大的发展，具备了兆瓦以下风电机组的设计和制造技术，兆瓦级风电机组也已经进入产业化阶段，风电产业跨入了一个新的发展阶段。与此同时，我国的电力工业也正在迅速发展；一方面，大步推进跨大区电网互联和超高压电网建设工程，解决电力的远距离输送问题；另一方面，实施农网和城网的改造工程，增强承受分布式发电上网的能力，为未来包括风力发电在内的可再生能源发电大规模开发提供可靠的保障。并网发电是大规模风能利用的主要方式，确保风电场输出的电能品质和安全稳定运行是持续发展风能的重要前提。风力发电并网技术以及风力发电大规模发展给电网所带来的影响等已成为当前需要研究和探讨的重要问题。

《风力发电系统》是一本译作，旨在将国际上风力发电及其并网的经验和教训以及相关技术介绍给我国的风电业界，供有志进行风能开发利用的科技人员了解和参考。该书分为4个部分共29章，第1部分阐述了风电的发展历史、基础理论以及技术规范；第2部分介绍了丹麦、德国和印度等多个国家的风力发电状况以及发展过程中的经验、教训和相关技术；第3部分对风力发电大规模发展过程中在电压控制、功率传输以及电能管理等方面的问题进行了技术和理论的探讨；最后第4部分对如何进行风力发电系统的建模进行了详细的研究和分析。

我国具有丰富的风能资源和风能开发利用的基础，同时欧洲以及其他地区的风能发展为我们积累了大量的经验，我们有理由相信发展风能将在调整我国能源结构和保护环境等方面起到重要作用，将推动和促进社会和经济可持续发展。

中国可再生能源学会风能专业委员会

贺德馨

2009年9月

译者的话

风力发电是目前世界上技术较成熟、成本较低且发展迅速的可再生能源技术之一。如今，我国已经成为全球第四个风力发电装机容量超过千万千瓦的风力发电大国。风力发电的影响越来越广泛，从事风力发电行业的机构和人员也越来越多。但是我们不得不承认，在风力发电核心技术的掌握和发展方面，我国和其他风力发电发达国家仍有很大的差距。随着风电场的规模越来越大，风力发电并网问题越来越受到各方重视。虽然国内近年来陆续出版了一些有关风力发电的专著或译著，但全面介绍风力发电并网知识的书籍依然是空白，而且国内相关领域的研究还不多，也不够深入。这是译者想把此书介绍给国内诸者的一个重要原因。

本书作者是瑞典皇家工学院的 Thomas Ackermann 教授，他多年从事与风力发电相关的教学、科研以及实际工作。他编写的这本书包含了多位作者的研究成果，这些作者遍布学术界和工业界，因此其内容对科研工作和工业应用都具有很高的参考价值。本书重点介绍了风力发电并网问题，并且更多地是从电力系统的角度介绍的，但全书内容并不局限于此，它涵盖的研究领域十分广泛。全书分为 4 个主要部分，共 29 章。第 1 部分主要介绍了风力机并网的基础理论背景知识，包括风力机类型、风力机并网标准等；第 2 部分介绍了世界上风力机成功并网的案例和经验；第 3 部分探讨了风力发电并网带来的新的电力系统输配电以及管理问题；第 4 部分研究了并网风力机和风电场模型及其对电力系统的影响。

本书第 2 部分和第 3 部分由谢桦翻译，第 1 部分和第 4 部分由王健强翻译，其余部分由姜久春翻译，全书由谢桦统稿。译者的一些硕士研究生也参与了部分翻译工作。在本书中文版出版的过程中，本书作者给予了高度的关注和支持，主动对书中部分章节的数据进行了更新和修正，并且专门撰写了中文版的序言。译者对他一丝不苟的、开放的科研态度表示钦佩和感谢。本书作者的中国籍研究生张晓蕾在遥远的异国也给了我们热情的帮助，译者对此表示感谢。

中国科学院院士、清华大学电机系的卢强教授和中国风能协会理事长贺德馨研究员应邀为本书的中文版作序，译者在此表示衷心的感谢，并对他们长期以来对中国风力发电事业的发展所做的贡献表示崇高的敬意。

感谢清华大学电机系的沈沉教授在专业词汇翻译方面的耐心指导。感谢北京交通大学新能源研究所全体同仁对译者的积极帮助，汪至中、黄梅、金新民、张小青、梁晖、曾国宏、童亦斌、张维戈、李杏春、王占国、李景新、刘金斗等老师在本书的翻译出版过程中提出了很多宝贵的意见。感谢水利电力出版社的张洁编辑，她对本书中文版的出版做了大

量细致的工作，倾注了许多心血。

本书翻译力求忠实于原书，翻译仅在于语言转换，使读者可以专注于书籍本身的内容，而不必分心于不熟悉的非母语语言。本书中的专业术语尽可能遵循现有的国家标准或业内常用术语，书中地名按照中国地图出版社的相关地图册和词典进行翻译。但由于译者水平和专业领域所限，加之翻译工作量较大，而且部分技术处于前沿，有些名词在国内尚无统一的中文译名，因此翻译错误和不当之处在所难免，恳请读者不吝赐正。

欢迎读者和我们就书中提到的研究内容进行探讨，译者的联系方式为 hxie@bjtu.edu.cn。

译者

2009 年 9 月

作者简介

Thomas Ackermann (托马斯·阿克曼) 德国柏林科技大学机械工程硕士及工商管理硕士, 新西兰达尼丁 (Dunedin) 大学物理学硕士, 瑞典斯德哥尔摩皇家工学院博士。除风力发电外, 他的主要研究方向还包括分布式发电和市场规则对解除管制的电力市场中分布式发电发展的影响等, 他曾经在德国、瑞典、中国、美国、新西兰、澳大利亚和印度从事风电领域工作。目前是瑞典斯德哥尔摩皇家工学院 (KTH) 的研究员, 并通过欧盟的 TEMPUS 计划在克罗地亚萨格勒布大学参与风力发电教育工作。他也是可持续能源供应领域咨询公司 Energynautics.com 的合伙人。

Email: Thomas.Ackermann@ieee.org

Vladislav Akhmatov (弗拉迪斯拉夫·艾哈迈托夫) 1999 年和 2003 年于丹麦理工 (DTU) 大学分获硕士和博士学位。1998~2003 年在丹麦电力公司 NESA 工作。在 NESA 工作期间, 主要利用仿真工具 PSS/E™ 开发出了动态风力机模型并进行了电力系统稳定性方面的研究。他将自己的博士论文与丹麦风力机制造商在国内外风电场并网方面的几个咨询项目相结合。特别是, 他还参与了关于丹麦勒兹沙洲—尼斯泰兹 (Rødsand/Nysted) (165MW) 近海风电场并网相关的电力系统稳定性研究项目, 提出了在电网遭受扰动期间通过桨叶角控制稳定风电场运行的方案, 该解决方案现已实地应用。2003 年, 他加入了丹麦西部的丹麦输电系统运营商 (TSO) Eltra 公司, 主要工作是用仿真工具 Digsilent Power - Factory 为风力机动态建模、做电力系统稳定性研究以及参与丹麦霍恩斯·韦夫 (Horns Rev) (160MW) 离岸风电场相关的项目。2002 年因为“在风与电力工业之间架起了桥梁”而获丹麦电力工业杰出贡献奖——Angelo 奖。他有许多动态风力机建模和电力系统稳定性方面的专著或合著。

Email: vla@eltra.dk

E. Ian Baring - Gould (E·伊恩·巴林·古尔德) 1995 年春于美国马萨诸塞大学可再生能源研究实验室获机械工程硕士学位。从那时起开始在美国国家可再生能源实验室 (NREL) 工作。伊恩在 NREL 的工作集中在两个主要领域: 可再生能源技术的应用工程和可再生能源利用方面的国际援助。在应用工作方面, 他致力于可再生能源的创新使用, 主要是建模、测试和小型电力系统的监视、终端应用和大型柴油发电厂的改造。在国际技术援助方面, 他致力于农村人口的能源开发, 包括远程电力系统的设计、分析和实施。他一直为主要面向拉丁美洲、亚洲和南极洲的国际计划提供一些综合性的专业技术服务。伊恩也在国际能源署 (IEA) 和国际电工委员会 (IEC) 技术委员会任职, 并且是《风能工

程》的编辑,有50多部专著或合著。他的毕业论文研究的是 Hybrid2 软件合成、电力系统设计、规则验证以及该大学研究的 205kW ESI-80 型风力机的安装问题。

Email: ian_baring_gould@nrel.gov

Sigrid M. Bolik (西格丽德·M·博利克) 2001 年于德国伊梅诺 (Ilmenau) 科技大学获电气工程硕士学位 (证书)。目前,她在丹麦 Vestas 风力技术公司工作,并通过与奥尔堡 (Aalborg) 大学和丹麦里瑟 (Risø) 国家实验室合作攻读博士学位。她的主要研究方向为:风力机用感应电机的建模和特定的非正常运行条件下风力机模型的开发。

Email: s.bolik@web.de

Thomas Bopp (托马斯·博普) 目前是英国曼彻斯特理工大学 (UMIST) 的电能与电力系统研究小组的研究员。他的主要研究方向为:电力系统保护以及电力系统经济性和规范。

Email: T.Bopp@umist.ac.uk

S. W. H. (Sjoerd) de Haan [S·W·H·(舒尔德)·德哈恩] 1975 年于荷兰代尔夫特 (Delft) 理工大学获应用物理学硕士学位。1995 年加入代尔夫特理工大学,成为电力电子学科的副教授。现在主要研究电能质量调节 (即公共电网中用于电能质量调节的电力电子系统开发)。

Email: s.w.h.dehaan@ewi.tudelft.nl

Predrag Djapic (普雷德拉格·贾皮奇) 现在是英国曼彻斯特理工大学电能与电力系统研究组的研究员。他主要的研究方向为:电力系统计划和分布式电网运行。

Email: P.Djapic@umist.ac.uk

Peter Borre Eriksen (彼得·博尔雷·埃里克森) 1975 年于丹麦理工大学获工程硕士学位。1980~1990 年他致力于电力生产对环境影响的研究。1990~1998 年在前丹麦电力公司 ELSAM 的系统计划部任职。1998 年加入丹麦西部的独立输电系统运营商 Eltra 公司。2000 年成为 Eltra 公司的开发部主管。他发表了不计其数的关于系统建模的技术论文。

Email: pbe@eltra.dk

Bernhard Ernst (贝恩哈尔·恩斯特) 电气工程师,德国卡塞尔 (Kassel) 大学的测量与控制硕士。1994 年,还是学生的他就加入了太阳能技术研究所 (ISET)。2003 年在那完成了有关风电预测的博士论文。他在风能转换为能源供应的课题方面发表了许多论著。

Email: bernie.ernst@web.de

Anca D. Hansen (安卡·D·汉森) 1997 年于丹麦理工大学获建模与控制工程博士学位。1998 年加入里瑟国家实验室风能部。主要研究方向是风力机动态建模与风力机的控制以及风电场与电网的相互作用。研究工具是动态建模与仿真工具 Matlab 和 Digsilent Power Factory。她的主要贡献是主动失速型风力机和最新的含双馈感应发电机的桨距控制型变速风力机的机电建模,她还对光伏组件和蓄电池进行了建模。

Email: anca.daniela.hansen@risoe.dk

Carl Hilger (卡尔·希尔格) 于丹麦工程学院获电气工程学士学位, 拥有通用哲学文凭和商业学士学位。1966 年, 作为一名电气工程师, 他加入瑞士 Brown Boveri (现在的 ABB) 公司, 之后又到丹麦电力工业研究院 (DEFU) 任职。1978 年成为 Elsam [日德兰半岛—菲英岛 (Jutland—Funen) 电力市场] 计划部的部门工程师。1989~1997 年先后是 Elsam 和丹麦西部的独立输电系统运营商 Eltra 公司的执行秘书。1998 年被任命为 Eltra 公司运营部门的主管。他是欧洲电力联合会 (Eurelectric) 工作组 SYSTINT 和北欧电力合作组织 (Nordel) 运行委员会的成员。

Email: carl@hilger.dk

Ritva Hirvonen (里特娃·希尔沃宁) 获芬兰赫尔辛基理工大学电气工程硕士学位和博士学位及 MBA。具有广泛的关于电力系统、输电和发电机方面的经验。作为电力系统专家为电力公司 Imatran Voima Oy (IVO) 和输电系统运营商 Fingrid 工作过, 并作为能源系统领域的研究经理在芬兰 VTT 技术研究中心工作过。现在的职位是能源市场管理局 (EMA) 国家输气输电部门的主管, 并积极参与赫尔辛基理工大学电力系统实验室的研究和教学。

Email: Ritva.Hirvonen@Energiamarkkinavirasto.fi

Hannele Holttinen (汉内莱·霍尔蒂宁) 获芬兰赫尔辛基理工大学基础 (技术) 学位和硕士 (技术) 学位。自 1989 年为芬兰 VTT 技术研究中心工作以来, 积累了广泛的风能研究经验。2000~2004 年, 主要做她的博士论文“大规模风力发电对北欧电力系统的影响”, 论文由北欧能源研究基金资助。

Email: Hannele.Holttinen@vtt.fi

Nick Jenkins (尼克·詹金斯) 是英国曼彻斯特理工大学电能与电力系统教授。他的研究方向为可持续能源系统, 包括可再生能源及其在电力系统输配电网中的接入问题。

Email: N.Jenkins@umist.ac.uk

W. L. (Wil) Kling [W·L·(维)·克林] 1978 年于荷兰艾恩德霍芬 (Eindhoven) 科技大学获电气工程硕士学位。现在是荷兰代尔夫特理工大学电力系统实验室的兼职教授, 在电力系统的计划和运行方面经验丰富。他参加了许多学术组织, 如国际电气与电子工程师学会 (IEEE), 也是国际大电网会议 (Cigré) 专业委员会 C1 “系统开发与经济”分会的荷兰代表。

Email: w.l.kling@ewi.tudelft.nl

Hans Knudsen (汉斯·克努森) 1991 年和 1994 年于丹麦理工大学分获电气工程硕士学位和工学博士学位, 博士论文是丹麦理工大学与电力公司 Elkraft、SK power 和 NESAs 的联合项目。其后, 他在丹麦输配电公司 NESAs 的输电计划部工作, 并致力于电网计划、电力系统稳定性和计算机建模, 特别是高压直流 (HVDC) 系统和风力机的建模和仿真。2001 年加入丹麦能源管理局, 负责供应安全和电力系统计划。

Email: HKN@ENS.dk

Åke Larsson (奥克·拉松) 2000 年于瑞典查默斯 (Chalmers) 技术大学获博士学位。研究方向是风力机的电能质量。具有广泛的风力发电、电能质量、电网设计、管理要求、

测量和评估方面的经验。他也参与开发新的瑞典风力机并网规范。现在瑞典电力公司工作。

Email: ake.larsson@swedpower.com

Christer Liljegren (克里斯特·利耶格伦) 于瑞典 Thorildsplan 技术学院获电气工程学士学位。在 Vattenfall 的 ASEA 原子能公司进行核能发电工作, 操控不同的主要与水电有关的控制设备, 并在 Cementa 工厂从事电气工业设计。1985 年加入哥得兰岛电力公司 (GEAB), 并在 1995 年成为哥得兰岛电气系统主管工程师, 是哥得兰岛高压直流变压 (HVDC—Light) 系统项目经理。2001 年开设自己的咨询公司——Cleps 电力咨询公司 (CLEPS AB), 专业从事分布式发电系统技术和法律方面的咨询服务, 特别是风力机及其并网问题。也参与开发瑞典分布式发电并网指南和规范。

Email: chl@cleps.se

Eva Centeno López (埃娃·森特诺·洛佩斯), 2000 年于瑞典斯德哥尔摩皇家工学院获硕士学位。2001 年于西班牙马德里高米理亚大学 (universidad pontificia comillas) 获电气工程硕士学位。其后在西班牙马德里 Endesa 公司电气市场部工作。现在瑞典埃斯基尔斯蒂纳 (Eskilstuna) 的瑞典能源管理局工作。

Email: Eva.Centeno@stem.se

Per Lundsager (佩尔·伦萨格) 从 1975 年开始全职从事风能工作, 包括风能和其他可再生能源系统和概念的研发、估价、计划、实施和评估。1984~1993 年是丹麦里瑟国家实验室的风柴开发计划的主管。作为高级咨询的他一直是国家风能中心在美国、加拿大、芬兰、丹麦、俄罗斯、爱沙尼亚、波兰、巴西、印度和埃及等国家的一些项目、计划和战略等方面的顾问。他还是北美洲 (美国、加拿大) 和欧洲 (格陵兰岛、东欧)、非洲和亚洲一些项目和研究的经理和 (或) 参与者。

Email: per.lundsager@risoe.dk

Matthias Luther (马蒂亚斯·路德) 于德国布伦瑞克 (Braunschweig) 技术大学获电气开关设备博士学位。1993 年他加入德国 PreussenElektra 公司, 从事各种各样的欧洲电网研究, 是系统稳定性研究方面的项目经理。1998~2000 年在 PreussenElektra 电网公司的工程与销售部负责电网开发和客户服务工作。现在是德国拜罗伊特 (Bayreuth) 的 E.ON 电网公司电网计划的主管, 也是若干国内和国际机构和研究组的成员。

Email: Matthias.luther@eon-energie.com

Julija Matevosyan (Sveca) [尤利娅·马捷沃相·(斯韦恰)] 1999 年于拉脱维亚里加 (Riga) 技术大学获电气工程学士学位。1999~2000 年在拉脱维亚电力公司 Latvenargo 任计划工程师。2001 年, 她获得瑞典斯德哥尔摩皇家工学院电气工程硕士学位, 目前在皇家工学院攻读博士学位, 研究有限输电能力地区大范围接入风电的课题。

Email: julija@ekc.kth.se

Poul Erik Morthorst (波尔·埃里克·默特斯特) 奥胡斯 (Århus) 大学经济学硕士, 是丹麦里瑟国家实验室系统分析部的资深研究专家, 于 1978 年加入该机构。主要工作是常规能源和环境计划, 能源、技术和环境系统长远发展, 调节能源和环境的政策工具评

估, 可再生能源, 特别是风力发电的技术经济评估。他在这些领域中参加了大量的项目, 在国际协作方面具有丰富的经验。

Email: p. e. morthorst@risoe. dk

Jørgen Nygård Nielsen (约恩·尼高·尼尔森) 1984 年于丹麦森讷堡 (Sønderborg) 工程学院获电气工程学士学位。1984~1988 年从事数字控制系统开发和图形再现系统软件的设计工作。1988~1994 年间是哥本哈根化学实验与技术教育学院的讲师。1996 年于丹麦理工大学获电气工程硕士学位, 并于 2000 年获工学博士学位, 研究的是丹麦理工大学与丹麦灵比 (Lyngby) 的丹麦电网公司研发机构、法国克拉马 (Clamart) 的法国电力公司 (Electricité de France) 的联合项目。2000 年加入丹麦输配电公司 NESA 的输配电计划部, 从事一般电网计划、电力系统稳定性和风力机仿真模型的开发等工作。

Email: JON@NESA. dk

Jonas Persson (约纳斯·佩尔松) 1997 年于瑞典哥德堡的查默斯技术大学获电气工程硕士学位, 2002 年于瑞典斯德哥尔摩皇家工学院获电力系统硕士学位。1995 年加入瑞典韦斯特罗斯 (Västerås) 的 ABB 公司, 从事电力系统仿真软件 Simpow 的开发。2004 年加入瑞典卢德维卡 (Ludvika) 的瑞典输电研究院 (STRI), 在那里开发并教授 Simpow。现在在瑞典斯德哥尔摩皇家工学院攻读博士学位, 研究非连续电力系统元件的降带宽线性模型。

Email: Jonas. Persson@stri. se

Henk Polinder (亨克·波林德尔) 1992 年和 1998 年分获荷兰代尔夫特理工大学电气工程硕士学位和博士学位。目前是该校电力处理实验室的副教授, 讲授电机和驱动课程。主要研究方向是可再生能源, 如风能和波浪能的发电机系统。

Email: h. polinder@ewi. tudelft. nl

Uwe Radtke (乌韦·拉德) 生于 1948 年。1980 年于德累斯顿 (Dresden) 技术大学获电力工程博士学位。1990 年加入 PreussenElektra 公司, 在该公司的电网计划部工作。他作为项目经理和高压直流输电系统专家参与了一些国际系统研究。2000~2003 年在 E. ON 电网公司工作, 负责可再生能源, 特别是风力发电的系统整合工作。

Harold M. Romanowitz (哈罗德·M·罗曼诺维茨) 是橡树湾 (Oak Creek) 能源系统公司的总裁和首席运营官, 也是注册的专业工程师。拥有普渡 (Purdue) 大学电气工程学士学位和加州大学伯克利分校工商管理硕士学位。从 1985 年开始参与加利福尼亚风能领域的工作, 并因在橡树湾能源系统公司的杰出表现于 1991 年获 AWEA 技术成就奖。当时, 他直接参与了改善蒂哈查皮 (Tehachapi) 地区电网的工作, 其主要成就包括对感应电机的影响有了更深入的理解以及改善了无功支持。1992~1993 年, 设计运行了用以保持固定容量电力购买协议的 2.88MW、17.28MW·h 蓄电池存储系统, 该系统直接接入风力机。多年以来, 他一直是工业驱动系统的制造商, 生产了美国首台商业化的再生晶闸管驱动器和 Watt Miser 电力恢复驱动器。在动态系统, 包括航海主推进器 (10MW), 大型材料处理机器人, 集装箱和散货装卸吊车, 大型泵和协调生产线等方面具有丰富经验。

Email: hal@rwitz.net

Fritz Santjer (弗里茨·桑蒂) 1989 年于德国锡根 (Siegen) 大学获电气工程硕士学位。1990 年加入德国风能协会 (DEWI) 研究风力机和风电场的并网和电能质量及独立系统。2000 年成为德国风能协会电力系统研究组的主管。在欧洲、南美洲和亚洲的许多不同的国家进行了商业化的电能质量和电网保护测量工作。他是国际风能领域测量网 (MEASNET) 电能质量程序的评审员, 并参加了一些电能质量标准 and 风力机并网方面的国内外组织。他讲授国内和国际课程, 参与了欧洲一些不同的关于风力机并网和电能质量、独立系统、风力机与电网仿真方面的研究项目。

Email: f.santjer@dewi.de

J. G. (Han) Slootweg [J·G·(安)·斯洛特维哥] 1998 年于荷兰代尔夫特理工大学获电气工程硕士学位, 论文题目是“永磁线性电机的磁饱和建模”。2003 年 12 月获得了代尔夫特理工大学博士学位, 论文题目是“风力发电: 建模和对电力系统动态的影响”。同时, 他还拥有荷兰奥彭 (Open) 大学工商管理硕士学位, 硕士论文是以调节员角度如何确保和监视电网的长期可靠性。目前, 他在荷兰的 Essent Netwerk B. V. 公司工作。

Email: han.slootweg@essent.nl

Lennart Söder (伦纳特·瑟得尔) 1982 年和 1988 年于瑞典斯德哥尔摩皇家工学院分获电气工程硕士和博士学位, 目前是皇家工学院电力系统的教授, 参与解除管制的电力市场、分布式系统、保护系统、系统可靠性和风电并网等方面的项目。

Email: lennart.soder@ets.kth.se

Robert Steinberger—Wilckens (罗伯特·施泰因贝格尔·维尔肯斯) 1985 年因被动式太阳能设计仿真获物理学学位。1993 年获博士学位, 论文题目是“地理上分散的可再生能源发电与电网耦合”。1985 年加入德国奥尔登堡 (Oldenburg) 工程顾问服务公司 PLANET, 并在 1993 年成为全职的高级经理。工作主要是复杂系统设计和能源计划、供水、节能、氢利用、建筑质量认证和风、太阳能与生物质能项目。1999~2000 年在欧洲 CRAFT 计划资助下开发了氢补给站 EUHYFIS。2002 年作为燃料电池项目经理加入于利希研究中心 (Forschungszentrum Jülich), 现在是该中心固态氧化物燃料电池开发主管。

Email: r.steinberger@planet-energie.de

Poul Sørensen (波尔·瑟伦森) 1987 年获电气工程硕士学位。同年加入丹麦里瑟国家实验室风能部, 现在是那里的资深科学家。最初从事风力机结构和空气动力学建模。现在研究方向是风能和电力系统之间的相互作用, 特别是在建模和仿真方面。建模包括电气方面、气动弹性力学和湍流建模。他是该领域一些研究项目的经理, 有几年的时间他一直致力于电能质量方面的研究, 并且特别关注风力机引起的闪变。他还参加了 IEC 61400-21 标准中风力机电能质量特性的测量和评估的工作。

Email: poul.e.soerensen@risoe.dk

Goran Strbac (戈兰·什特尔巴茨) 是英国曼彻斯特理工大学电力系统工程的教授。研究方向是电力系统分析、计划和经济性, 特别是分布式发电在电力系统运行 and 开发方面的技术与商业整合。

Email: G.Strbac@umist.ac.uk

John Olav Gjøver Tande (约翰·奥拉夫·贾维尔·坦德) 1988 年于挪威科技大学获电气工程硕士学位。毕业以后在挪威电力研究院 (EFI) 工作。1990~1997 年在丹麦里瑟国家实验室工作。之后回到 SINTEF 能源研究所 (前 EFI), 现仍在那里工作。他整个职业生涯的主要研究方向都集中在风力发电的电气工程方面。他还参加了若干国际研究, 包括召集 IEC 工作组制定一个并网风力机电能质量特性测量和评估方面的国际标准, 并且是国际能源署 IEA Annex XXI: 电力系统研究用风电场动态模型 (2002~2005) 的执行机构代表。

Email: john.o.tande@sintef.no

Wilhelm R. Winter (威廉·R·温特) 1995 年和 1998 年于柏林工业大学分获电力工程硕士和博士学位。1995 年加入西门子公司保护开发部和系统计划部工作, 参与了大型系统研究, 包括稳定性计算、高压直流和灵活交流输电系统优化、模态分析、暂态现象、实时仿真和可再生能源系统, 负责 NEROMAC 特征值分析程序的开发。2000 年开始在 E.ON 电网公司工作, 负责系统动态和大规模风电整合。

Email: Wilhelm.Winter@eon-energie.com

缩 略 词

A

ABB	ABB 公司（瑞士）
AC	交流
AEC	气动弹性编码
AFC	碱性燃料电池
AM	主动管理
ANN	人工神经网络
ATC	可用传输容量
ATP	电磁暂态程序
AWEA	美国风能协会
AWPT	先进风电预测工具
AWTS	大西洋风力观测点（加拿大）

B

BEM	叶素动量法
BJT	双极性晶体管

C

CAD	计算机辅助设计
CANWea	加拿大风能协会
CA—OWEA	欧洲近海风能协会
CBA	成本效益分析
CEC	加利福尼亚能源委员会
CEDRL	加拿大矿物和能源技术中心能源分类研究实验室
CENELEC	欧洲电工标准化委员会
CF	容量利用率
CGH ₂	压缩气态氢
CHP	热电联产
CIGRÉ	国际大电网会议
COE	能源成本
CP	连接点

CRES 可再生能源中心
CSC 电流源变流器

D

DANIDA 丹麦国际开发署
DC 直流
DEFU 丹麦电力工业研究院（丹麦电力工业研究协会）
DEWI 德国风能协会
DFIG 双馈感应发电机
DG 分布式发电
DKK 丹麦克朗
DMI 丹麦气象局
DNC 配电网公司
DR 分布式能源
DRE 分布式可再生能源
DRES 分布式可再生能源系统
DS 配电系统
DSB 需求侧投标
DSM 需求侧管理
DTU 丹麦理工大学
DWD 德国气象服务

E

EDF 法国电力公司
EEG 可再生能源法（德国）
EFI 电力研究院（挪威）
EHV 超高压
EMTP 电磁暂态程序
EPS 总体预测系统
ER 工程规范
ESB 供电局（爱尔兰）
ESBNG 国家电网管理局（爱尔兰）
ETR 工程技术报告
EU 欧盟
EU-15 欧盟 15 个成员国
EUHYFIS 欧洲氢配给站
EWEC 欧洲风能会议

F

F 滤波器

FACTS	灵活交流输电系统
FC	燃料电池
FGW	风能促进协会（德国）
G	
GC	总削减量
GEAB	哥得兰岛能源公司
GEB	古吉拉特邦供电局
GEDA	古吉拉特邦能源开发署
GIS	地理信息系统
GSP	电网供电点
GTO	门极可关断晶闸管
H	
HFF	高频滤波器
HHV	热值上限
HIRLAM	高精度有限元模型
HPP	水力发电厂
HS	高速（轴）
HV	高压
HVAC	高压交流
HVDC	高压直流
HVG	高压发电机
I	
IC	装机容量
IEC	国际电工委员会
IEEE	电气电子工程师协会
IG	感应发电机
IGBT	绝缘栅门极双极性晶体管
IGCT	集成门极换向晶闸管
IM	感应电动机
IMM	信息科学和数学建模系（丹麦技术大学）
IREQ	魁北克水电研究院（加拿大）
IRL	爱尔兰
IRR	内部投资回报率
ISET	太阳能技术研究所（德国）
ISO	独立系统运营商（也常用作国际标准委员会，热那亚）
IVS	瞬时值仿真
K	
KTH	斯德哥尔摩皇家工学院（瑞典）