

中国电力建设企业协会 主编

中国电力建设

科技成果专辑

(2012年度)

(下册)



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

013945570

TM7
67
V3 2012

中国电力建设 科技成果专辑

(2012年度) (下册)

中国电力建设企业协会 主编



中国电力出版社



北航

C1653834

TM7
67
V3
2012

077226210

内 容 提 要

依据《中国电力建设科学技术成果评选办法》，中国电力建设协会组织中国电力建设专家委员会按年度对中国电力建设科技成果进行评审，并经中国电力建设企业协会审核批准。

2012 年共评选了 257 项科学技术成果，分为一、二、三等奖，其中一等奖 31 项、二等奖 83 项、三等奖 143 项。本书介绍了每项获奖科技成果的成果名称，完成单位，主要完成人员，成果的主要用途、技术原理，关键技术和创新点，与国内外已有同类先进技术的对比情况，已应用、推广情况及推广前景，经济及社会效益情况，相关图及照片。

本书可供各级发电、电网公司及相关科研单位、设计院、电建公司等单位及相关专业技术人员使用，以扩大成果应用面，推广新技术应用。

图书在版编目（CIP）数据

中国电力建设科技成果专辑. 2012 年度：全 3 册 / 中国电力建设企业协会主编. —北京：中国电力出版社，2012.12
ISBN 978-7-5123-3873-9

I. ①中… II. ①中… III. ①电力工程—科技成果—中国—2012 IV. ①TM7

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2012）第 303616 号

中国电力出版社出版、发行

（北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>）

航远印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2013 年 1 月第一版 2013 年 1 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 68.5 印张 1655 千字

印数 0001—1000 册 定价 120.00 元（上、中、下册）

敬 告 读 者

本书封底贴有防伪标签，刮开涂层可查询真伪

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

本书编委会

主 任 尤 京

副 主 任 陈景山 范幼林

委 员 周德福 金 麟 张孝谦 李鹏庆 赵祝人

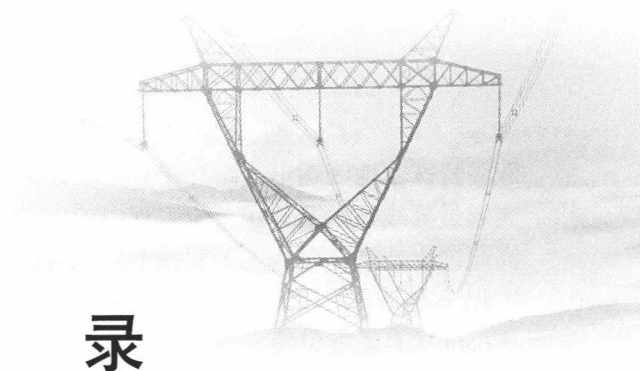
王兴军 高德荣 石玉成 刘文鑫 丁联合

沈铭曾 杨 荣 孙东海 林志重 张所庆

梁丙海 甘焕春 乐嘉然 李润林 侯元柏

黄元尚 项玉华 王新康 李培源 廖光洪

陈发宇 王文祥 龚长清 戴 光 李仲秋



目 录

上 册

一 等 奖

中低压配电网能效测评及降损关键技术研究	3
天津电网无功电压优化自动控制系统研发与应用	5
烟囱钢内筒整体内衬杂化聚合物结构层防腐系统	10
基于 NS3000S 系统的陕西 750kV 延安(洛川)智能变电站建设	15
光照 200m 级高碾压混凝土重力坝筑坝技术研究	20
境外工程建设安全风险管理体系研究	24
潮间带风电风机安装技术研究及应用	26
±800kV 云广特高压直流送端孤岛运行方式研究	32
1000MW 超超临界机组国产分散控制系统的首次应用与研究	35
移动式人字柱现浇钢模板体系的研究和应用	37
联合循环机组一键启停(APS)研究与应用	41
青海省规模化光伏电站接入电网关键技术研究	47
CFB 锅炉大量掺烧煤泥的技术	51
特高压电网输电铁塔 Q460 高强钢焊接工艺研究	54
核电站一回路主管道异种钢焊接技术开发研究	57
海上风机及测风塔桩基础受力研究与应用	63
FGD 脱硫系统多功能测量装置	66
1000MW 级燃煤机组除尘器前烟道设计优化	70
火力发电厂水处理岛的技术研究及应用	79
1000MW 超超临界机组设计研究与工程应用	85
新型 500kV 支持式管母研制	89
大型火电机组负荷自适应控制优化技术	95
上锅首台自主型 300MW 循环流化床锅炉燃烧优化关键技术研究及工程应用	98
国家电网公司输变电工程通用设计——输电线路通用设计研究	100

新疆特殊土地地区输电线路杆塔基础设计选型与试验研究·····	105
大容量导线技术及其在直流工程中的应用研究·····	114
高原冻土铁塔基础施工关键技术研究与应用·····	119
工程全寿命周期设计建设管理·····	125
±660kV 直流架空输电线路带电作业研究及应用·····	130
陕南山区滑坡稳定性评价方法及快速评估系统研究·····	134
ODFPS-ZN-700000/750 智能变压器及工程应用·····	136

二 等 奖

水利水电 1000MPa 级高强钢工程应用技术研究·····	143
糯扎渡水电站尾水系统五岔口快速开挖施工技术研究及实践·····	145
凝结水精处理混床用树脂溶出特性的研究·····	150
凝混床运行控制方式研究与应用·····	154
电网多区域间过网网损研究及综合分析系统的开发·····	158
千万千瓦风电基地柔性输电设备调试测试与协调控制关键技术研究·····	161
电气化铁路电能质量评估治理技术研究及其智能化监测系统开发与示范工程建设·····	164
膨胀土掺加石灰和粉煤灰试验研究与应用·····	168
一种能输送碾压混凝土的大倾角波状挡边带式输送机·····	170
大型城门洞室边顶拱分部衬砌施工方法·····	177
750kV 超高压大规模清洁能源外送输电变电建设技术研究及工程应用·····	179
风力发电结构创新·····	186
大型水工隧洞陡坡牵引钢模台车常态混凝土施工关键技术研究与应用·····	195
混凝土配合比优化技术应用与成本控制·····	201
现场总线控制技术在火力发电厂集中水处理系统中的研究及应用·····	204
微风振动对输电线路导地线疲劳破坏的深入研究及推广应用·····	212
“二牵 n” 张力放线施工工艺·····	216
输电铁塔用高强厚壁角钢温冲孔技术开发·····	219
工程项目实时展示系统·····	222
600MW 电除尘节能应用·····	224
空气预热器自吻合式弹性密封装置技术应用·····	228
500kV 桂山变电站土建技术创新成果应用·····	236
机制砂在混凝土生产中的应用研究·····	240
火力发电厂辅助车间智能化设备维护研究及应用·····	244
高海拔地区油浸式电力变压器绝缘老化分析·····	249
智能变电站工程规范化建设实践·····	255
超临界空冷汽轮机节能技术研究与应用·····	258
大气环境对变电站选址的影响·····	261

特高压直流长空气间隙放电机理研究·····	265
300MW 引进型循环流化床锅炉安装技术研究与应用·····	268
高速、重载电铁与风电场相互影响及应对措施研究·····	271
甘肃电网实时监测及风电功率超短期预测预报系统·····	276
CPR1000 核电工程大体积混凝土施工技术研究·····	282
青藏±400kV 直流联网工程关键施工技术研究·····	286
核电站一回路主管道不锈钢焊接技术开发研究·····	289
基于光线跟踪和地形分布的光伏方阵优化布置研究·····	293
先进节能型湿法脱硫塔的研究及应用·····	296
大型机组国产汽动给水泵同轴方案的应用研究·····	299
600MW 超临界Ⅱ型锅炉褐煤制粉系统·····	303
输电线路基础系列设计软件·····	306
百万千瓦级核电机组凝结水精处理系统的研究与应用·····	312
6MW 风力发电机安装技术研究与应用·····	317
电力基建项目前期管理标准化体系构建·····	319
风电场防雷与接地工程的研究与实践·····	325
抽水蓄能电站预留岩坎爆破拆除综合技术研究与应用·····	331
湖北白莲河抽水蓄能电站双机甩负荷水力过渡过程研究·····	336
500kV 支持式管母安装工艺研究·····	338
路基填筑多维数字化监控技术研究及应用·····	341
振动沉管布袋桩施工技术研究及应用·····	345

中 册

二 等 奖

1000MW 直接空冷机组关键技术研究·····	349
研制导线压接滑动平台·····	354
JL/G3A-900/40 大截面导线“一牵6”架线施工技术研究·····	356
起重机械安全管理实用指南·····	358
阳江核电防甩击大梁制作工艺研发·····	361
特高压工程技术(昆明)国家工程实验室设计关键技术研究及应用·····	364
1500MVA 大容量变压器在 500kV 枢纽变电站的应用研究·····	367
动水条件下厂房尾水渠壅水堰的选型及施工方法关键技术研究·····	374
高强钢在变电构架中的应用研究·····	382
耐压金属软管防烫防腐蚀研究及其生产应用·····	385
大型发电机故障联合诊断关键技术研究·····	389
基于模型的超超临界机组变流量节能分析优化控制技术·····	394

变电站工程施工污水处理及循环利用工艺研究应用	397
混凝土道路定型钢模板及固模桩施工技术研究	400
燃煤火力发电超超临界百万千瓦机组建设和管理的对比性研究	404
超(超)临界机组智能控制精确加氧技术	407
风电机组梁板式承台基础的研究与应用	413
可靠性、易维护的双馈式风力发电机变流器的应用	415
1000mm ² 导线架线施工工艺的研究与应用	420
利用 Autocad 进行空冷排汽管道下料制作施工中的应用技术	422
60 万 kW 抽凝供热机组节能技术应用	423
输电工程跨河杆塔单桩局部冲刷深度公式 C65-1、C65-2 中计算参数的修正方法	430
盐湖地区输电线路结构防腐措施研究及应用	433
数据机房建设技术研究与应用	436
现场总线控制系统开发及应用	440
±800kV 直流设备现场交接特殊试验方法及标准的研究	445
(特) 高压直流输电损耗计算及节能降损措施研究	449
±800kV 特高压直流工程技术多媒体教程	452
智慧型风电场管理系统与应用	454
大口径直埋蒸汽管网	459
全过程数字化技术在山西电网工程建设中的应用研究	464
660MW 级机组汽轮发电机基座隔振平台优化设计	467
解决直流单极大地回线运行时对 500kV 主变等变电站设备的影响	470
CFB 锅炉炉内+炉后烟气两级脱硫以及电袋复合高效除尘技术的研究与应用	478

三 等 奖

水利水电施工安全标准化建设	485
环焊缝最少透照次数的编程计算	491
直流式冷却水系统中微生物生长规律和杀灭方式研究	494
全封闭自动滤油系统	498
电网实时线损无功优化调度支持系统的开发	501
天津电网供热机组调峰能力在线监测与辅助决策系统	505
高寒、高海拔地区间接空冷系统防冻技术研究	508
城区变电站降噪关键技术研究	514
风能母线在风力发电领域的应用	523
利用远距离昼夜巡视管理监控装置对风电机组群进行远程集中监控	530
高压输电线路冻土区装配式基础安装施工	534
架空输电线路张力放线智能监测系统	536
电网环保信息管理与预测计算系统开发与应用	538

非晶合金风机变压器在风电厂的应用	541
输电塔埃菲尔效应计算方法研究及计算程序开发	544
反循环钻孔灌注桩后压浆应用技术研究	546
超临界机组 RB 功能控制策略的研究与应用	553
大跨度网架起步架吊装递增搬起法施工技术的应用	556
±800kV 直流主设备监造与试验关键技术研究及工程应用	561
建筑施工企业管理信息化应用技术研究	565
1000MW 空冷系统停机保护技术研究	568
1000MW 燃煤机组Ⅱ型锅炉受热面吊装工艺研究	575
9F 燃机余热锅炉专用吊脚手架关键技术研究与应用	577
9F 燃气轮机安装关键技术研究与应用	580
国产引进型 SCC5-4000F (4) 燃气轮机发电机组液压间隙优化 系统 (HCO) 的首次应用与研究	582
上汽 1000MW 汽轮发电机组轴系润滑油流量分配技术研究与应用	585
柜型结构的大容量开关	589
新型光伏组件支架基础——桩基础	593
青藏高原并网型光伏电站施工关键技术	595
输电线路施工货运索道研制及动力系统开发	599
太阳能无线防盗报警系统在风电场的应用	601
电网薄弱地区 660MW 超临界空冷机组 RB 试验无跳闸技术研究	603
空车调车机自动摘钩装置在防治止空车脱轨中的应用	605
冻土地区重力式地锚的研制及应用	608
C30 混凝土框架施工工艺应用	611
±800kV 输电线路大截面六分裂导线山区架线施工工艺研究	613
风力发电机组安装工程质量验收标准	616
高中压缸围带汽封垂弧间隙调节技术	617
HR3C 新钢种的焊接工艺试验及应用研究	626
混凝土配合比优化及生产施工工艺研究	628
渗滤液无腐蚀输送装置	630
±660kV 银川东换流站工程换流变压器站内移运试验研究	632
750kV 变压器故障原因分析及预防措施研究	634
变电站主设备在线监测系统功能完善及应用研究	637
CFB 锅炉炉衬砌筑工艺技术改进	640
大型圆形封闭贮煤场整体式挡煤墙在工程中的应用	645
变压器全自动抽真空装置研制	650
CFD 技术在沽源东辛营 200MW 风电场微观选址中的应用	655
220kV GIS 内电压互感器的交流耐压	658
变电站综合自动化系统 VQC 程序调试技术研发	662

特高压直流平波电抗器及复合支柱绝缘子均压环研究	666
变压器用油颗粒度测试取样装置开发研究	670
国产 600MW 级 F91 钢锻制三通的质量监控	672
SSS 离合器在国内汽机中低压缸之间首次应用	675
建设大容量热电循环示范工程	680
余热锅炉尾部烟道加装热网水换热器	688
采用燃机出口烟气作为脱硝尿素热解循环热源	691
扩径导线压接技术和工艺的研究及实践	695
变电站防火墙清水砖墙施工工艺探讨	702
甘肃电网接入大规模风电后的系统稳定及运行控制技术研究	705

下 册

三 等 奖

风电机组和风电场模型参数及其实测验证研究	709
Super304H 钢采用新型不锈钢焊材 Thermanit304HCu 焊接工艺	714
定子分散式发电机安装工艺研究	724
超大直径压力钢管整体卷制研究	735
煤发热量、水分、灰分软测量	738
砂卵石地基大型泵站施工技术研究与应用	741
CPR1000 核电厂全厂数字化仪控系统 (DCS) 自主化安装技术创新	746
岭澳二期蒸汽发生器二次侧水压试验装置研制	751
基于 DCS 的发电机转子温度监测算法的研究与实践	753
重型检修场地地基处理质量控制方法在天津市供电设备工厂化 修试基地工程中的应用	759
巨型地下电站通风关键技术研究与应用	761
220kV 同塔双回钻越 500kV 线路方案研究	763
地源热泵空调的优化设计研究	774
多开孔烟囱研究	779
野外岩土信息采集及处理系统	782
严寒地区湿法脱硫技术研究	787
API000 法规标准体系应用研究	791
注塑尼龙放线滑轮在输电线路施工中的研制与应用	793
图模一体可视化集成设计方法	797
内蒙古大规模风电场群无功出力和无功电源控制及优化的研究与应用	801
大型 CFB 锅炉启动节油和脱硫优化研究	808
配置 70%旁路系统中压缸启动方式火电机组 FCB 控制技术及试验研究	811

大型循环流化床锅炉高比例掺烧褐煤经济性研究及优化应用	814
电网施工标准体系研究与应用	818
基于设备全寿命周期管理的继电保护基建验收全过程质量管控	821
继电保护标准化作业管理与状态检修决策支持系统	826
低风速风机研发与低风速风场建设	829
无人机遥感技术在风电场设计中的应用研究	833
白莲河抽水蓄能电站机组首次水泵起动特殊过渡过程研究	837
膜生物反应器在火力发电厂水处理岛中的研究及应用	840
全中水循环再利用技术在大型火电厂的应用研究	844
加筋挡土墙在变电站深填方边坡支护技术中的研究与应用	856
有效降低大型火电工程基建阶段试运耗电量的新途径	860
研制自立式铁塔螺栓紧固专用工具	864
变电站工程工业化预制装配式围墙的研究	866
特殊地形条件下大跨越张力架线施工	870
电缆号牌编写软件的研发与应用	872
接地网施工管控信息系统的研发与应用	874
“拉弯”工艺在核电站廊道圆形模板拼装施工中的应用	877
关于“世界首座 1000MW 超超临界燃煤空冷机组空冷凝汽器严密性 试验方法及检漏技术”的研究	882
智能园区建设关键技术研究及示范应用	888
高山峡谷地区水电工程复杂施工布置枢纽规划研究与应用	891
500kV 输变电工程内过电压和感应电压、电流计算研究	897
长输水系统抽水蓄能机组出力稳定性研究	900
岩溶地层抽水蓄能电站关键技术研究及应用	902
封闭式（电缆连接）220kV 变压器不拆头预防性试验方法研究	909
关于“内外壁加热热处理法在 1000MW 超超临界燃煤空冷机组中的应用”的研究	912
800×800 抱杆组立 500kV 四回路钢管塔的应用	919
变电站标准平台及智能检测关键技术研究与应用	921
隔离开关机构箱背板快速定位焊接专用工具的设计与应用	927
管母线焊接托轮架的研制与应用	930
风力发电设备状态监测与运行优化系统的研究	933
风电场发电量评估及功率（负荷）预测系统的研究	938
龙源（张家口）安全生产运营监控中心系统	942
风电场前期测风数据处理软件开发	945
500kV 妙西变清水混凝土电缆沟施工工艺研究和应用	948
风机预测维护系统在东辛营风电场故障诊断中的应用	951
百万千瓦机组凝结水泵变频技术的应用研究	954
超超临界机组无旁路脱硫系统运行优化技术研究及应用	957

P&H 岩石锚杆风机基础的应用	960
风电场电能质量监测分析系统	965
风电场风功率预测系统	970
延安 750kV 智能变电站电子式互感器的组合应用技术	975
SVG 技术在西安地铁变电站中的应用研究	980
脱硫塔气固液流场动态耦合及石膏雨工程治理的应用	983
中速磨煤机弹簧隔振基础优化设计	988
高压旋喷桩、支护桩结合止水帷幕在临江基坑工程中的应用	992
±800kV 云广特高压换流站设备维护风险形成机制及管控体系研究	996
雨淋阀控制装置电源的改造方案	1002
滩涂地区防止风力发电机组承台浇注期沉降	1005
滩涂风电场场内道路施工技术	1010
箱变与风机共用基础的探讨与实践	1015
空冷变频器自启动的优化设置	1018
循环水机力冷却塔采用一塔双风机高低双速运行优化设计	1021
焊接式平面膜式喷嘴应用	1025
新型旋流煤粉燃烧器在国产超临界空冷凝汽式汽轮发电机组上的应用	1027
张弦桁架结构在大跨度煤场遮护棚中的应用	1033
金属防腐氟硅涂料应用研究	1037
变电站软母线档距精确测量技术的研究	1039
风电场 35kV 汇集线中性点接地方式研究与应用	1045
防坠落水平安全绳的设计与实践	1048
循环流化床锅炉燃烧调整研究	1052
600MW 超临界褐煤锅炉结焦原因分析及措施	1060

风电机组和风电场模型参数及其实测验证研究

甘肃省电力公司风电技术中心 中国电力科学研究院

汪宁渤 晁 晖 何世恩 肖 洋 丁 坤 韩志勇

1 成果主要用途、技术原理

1.1 主要用途

酒泉风电基地是国内第一个开工建设的千万千瓦级风电基地，风电基地的规划建设、日常调度和运行、接入电网稳定性分析等都需要进行仿真分析计算，而所有这些计算都需要风电机组及风电场的准确数学模型及参数，以使计算结果真实可靠，从而建立可应用于电力系统仿真分析程序 PSASP 和 BPA 的风电机组和风电场的实测模型及参数具有重要意义。

本项目针对酒泉风电基地风力发电机组和风电场模型及参数实测方法和仿真校核方法开展了研究。提出了风电机组和风电场模型参数测试方案和现场测试数据的处理分析方法，最终建立了可应用于电力系统仿真分析程序（BPA、PSAPS）的风力发电机组数学模型，并对模型的有效性进行了仿真验证。报告还对建立风电场、风电场群及风电基地数学模型的可行性方法进行了探讨。实测的模型参数可以为电力系统稳定分析和电网日常生产调度提供准确的计算依据。

1.2 技术原理

1.2.1 酒泉风电基地并网型风电机组的主要类型、特点及模型研究现状分析：对酒泉地区并网型风力发电机组的主要类型及其特点、定桨距异步风力发电机组常用动态数学模型、变桨距风力发电机组常用动态数学模型的研究现状、及目前国内外常用的由风电机组数学模型推导风电场数学模型的等值方法和组合方法给出了详细介绍。

1.2.2 风电机组和风电场模型参数测试方法及数据处理分析方法研究：对风电机组和风电场的模型参数测试方法及数据处理分析方法进行了研究和筛选。测试方法方面选择了电力系统模型参数测试常用的频域测试法和时域测试法，对其基本原理和优缺点给出了详细介绍；数据处理方法方面对所用测试仪器的指标要求、常用的线性数据处理方法和非线性数据处理方法均进行了阐述。

1.2.3 风电机组和风电场模型参数测试方案研究：提出了实用高效的风力发电机组和风电场的模型参数实测方案，方案主要包括静态测试部分、单机动态测试部分和场级动态测试部分，方案综合考虑了测试条件、测试目的、测试接线和具体测试方法，可以对风电机组和风电场的整体数学模型（风功率模型、风力机及变桨系统模型、电气控制模型、发电机及变频器模型等）及参数做到比较完整的测试和辨识。

1.2.4 酒泉风电基地的一种主要风电机型数据资料调研，主要收集了华锐风电 SL1500 型风电机组各项资料，包括：风电机组设计参数（风轮参数、变桨距系统、齿轮箱、电气系统、

塔架、偏航系统、控制器、主要部件重量、发电机参数) 和风电机组控制系统框图及参数, 为模型参数的现场测试和仿真建模提供了必要的基础数据。

1.2.5 典型双馈风电机组模型参数现场测试: 针对华锐风电 SL1500 型双馈风电机组开展了模型参数实测, 在厂家试验平台上对该型号机组的控制系统各环节(转矩控制、无功控制、桨矩角控制) 传递函数及变桨执行机构动态特性进行了详细测试, 在风电场现场对风电机组进行了桨矩角扰动测试、有功功率扰动测试、无功功率扰动测试、瞬变风扰动测试等, 获取了该型号风电机组控制逻辑及实际运行特性的详尽资料。

1.2.6 典型双馈风电机组模型参数仿真校验: 对华锐风电 SL1500 型风电机组的所有测试数据进行分析处理, 划分风电机组数学模型的各个部件; 将建立的仿真模型及辨识得到的机组关键参数在电力系统常用分析软件 BPA、PSASP 中进行仿真校核, 模拟机组测试时的现场运行状态和扰动方法, 提出了仿真数据与实测数据的允许偏差建议值, 将仿真结果和实测结果的关键指标进行比对, 验证了所用模型参数测试方法的合理性及所建模型及参数的准确性, 同时也提出了风电机组数学模型的有效性验证方法。实测风电机组和风电场的数学模型及参数, 可为电力系统稳定分析和电网日常生产调度提供准确的计算依据, 为风电机组以及风电场并网接入或运行控制新技术的开发提供基础数据。

2 关键技术和创新点

2.1 关键技术

2.1.1 建模和测试方法

电力系统中建模和测试的方法主要有两种: 时域测试法和频域测试法, 两者也是系统建模和参数测试的两种基本方法, 是从两个不同的角度去观测同一个被测对象, 其结果是一致的。电力系统动态、暂态稳定计算用数学模型, 如发电机、原动机、各类控制系统及负荷模型等, 均采用这两种方法进行建模和参数测试。从理论上讲, 被测系统的时域函数的傅里叶变换就是频域函数, 而频域函数的傅里叶逆变换也就是被测系统的时域函数。

时域测试法是指控制系统在一定的输入下, 根据输出量的时域表达式, 分析系统的模型结构, 得到系统模型的参数。时域测试法一般用于一、二阶系统的建模和参数测试。在风电机组建模和参数测试中, 可以对风电机组各个部件或控制环节进行分解, 分别表达为一阶系统或二阶系统。

频域分析法以频率为自变量, 以各频率分量的信号值(功率值, 能量值等) 为因变量进行分析。频谱分析仪可对信号本身分析、对线性系统非线性失真系数的测量, 通过频谱测量确定信号的谐波分量, 了解信号的频谱占用情况。

2.1.2 数据处理及分析方法

风力发电机组和风电场测试数据分析方法, 主要是指用于辨识风力发电机组和风电场模型参数的方法。风力发电机组和风电场的测试数据分析方法与电力系统传统建模实测参数方法一致, 大体可分为线性和非线性两类。线性方法包括最小二乘估计、卡尔曼滤波等方法, 这两种算法对线性模型通常是有效的, 在电力系统励磁系统、调速系统以及负荷建模中都有广泛的应用。非线性模型的参数辨识方法目前大都以优化为基础, 如梯度类方法, 对于连续、光滑、单峰的问题具有良好的性能, 精确而快速; 随机类搜索方法, 具有良好的收敛性、全局性和鲁棒性, 但计算效率较低; 模拟进化类方法, 适用范围较广, 找到全局最优解或近乎



全局最优解的可能性大。

2.2 创新点

2.2.1 首次针对典型双馈机组提出了面向电力系统仿真分析程序 PSASP 和 BPA 的风电机组和风电场模型参数实测方案,方案以时域和频域测试方法为理论基础,以 SL1500 型风电机组控制系统及动态特性为测试目标,通过该方案可得到 PSASP 和 BPA 中风电模型(含自定义模型)的各个关键参数。

2.2.2 首次在风电机组厂家试验平台及风电场现场针对典型双馈风电机组(华锐风电 SL1500 型)开展了模型参数实测工作,获得了该机组主要控制环节传递函数(有功控制、无功控制、变桨控制)、各主要部件及其整体动态特性的第一手实测数据。

2.2.3 首次开发了用于校核典型双馈风电机组模型及参数的 PSASP 和 BPA 环境下的小扰动仿真校核程序,程序具有典型性和实用性。

2.2.4 建立了 PSASP 和 BPA 环境下的适用于机电暂态过程的华锐风电 SL1500 型风电机组和风电场数学模型,模型和参数可以准确模拟该风电机组和风电场的动态特性。

3 与国内外已有同类先进技术的对比情况

有关对风电场中风电机组的运行数据进行分析,利用得出的实测功率曲线对风电机组进行建模,并与风电场的实测数据进行比较分析;根据现场试验数据对 PSASP 仿真平台的双馈风力发电机模型与参数进行实证分析,对相关参数进行修正;建立了风电机组整体动态数学模型,进行动态特性仿真;在动态分析中,对比分析了计算机模拟和现场测试结果,国内外分别已有文献报道。

本项目风电机组和风电场模型参数及其实测验证,对大连华锐 SL1500 型风电机组开展了模型参数实测工作,获得了该机组的实测数据;开发了 PSASP 和 BPA 环境下的小扰动仿真校核程序,建立了适用于机电暂态过程的大连华锐 SL1500 型风电机组和风电场数学模型。以上研究内容,国内外未见相同文献报道。

4 已应用、推广情况及推广前景

研究成果已经应用于甘肃省电力公司电力调度中心,可用于电力系统仿真分析软件 BPA、PSASP,进行小扰动仿真校核,为电力系统稳定分析和电网日常生产调度提供准确的计算依据,为风电机组以及风电场并网接入或运行控制新技术的开发提供基础数据,提高风电的接纳,产生直接经济效益。

研究成果可以在酒泉风电基地首先示范应用,由于酒泉地区风电机组类型及特性等在国内具有代表性,项目成果示范应用并成熟后可以进一步推广到全国。因此该项目不仅具有显著的现实意义,也具有深远的后期推广应用价值。

5 经济及社会效益情况

5.1 经济效益

如果采用实测的风电模型参数安排生产运行能够提高风电发电总量的话,按现有的酒泉风电一期工程 516 万 kW,年利用小时数 2000h,风电上网电价 0.54 元/kWh 计算,风力发电



总量每提高 0.1%，即可实现年产值增加 557.28 万元。实施总投资为 60 万元，新增年运行维护费用 0 元。年净经济效益=年直接增产节约价值-实施总投资×0.125-新增年运行维护费用=557.28-60×0.125-0=549.78（万元）。

5.2 社会效益

项目的研究成果能为系统稳定分析及电网日常生产调度提供准确的计算数据，是保证电网安全稳定运行和提高劳动生产效率的有效措施之一。还可以为风电机组以及风电场并网接入或运行控制新技术的开发提供基础数据，也将为风电机组和风电场模型参数实测工作的大面积开展提供技术参考与指导，具有重要的社会效益。

6 相关图及照片

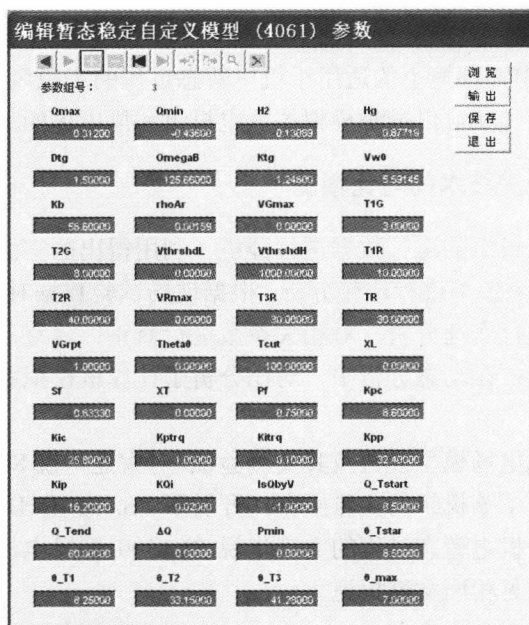


图 1 手动变桨操作进行功率扰动试验风电机组模型参数表

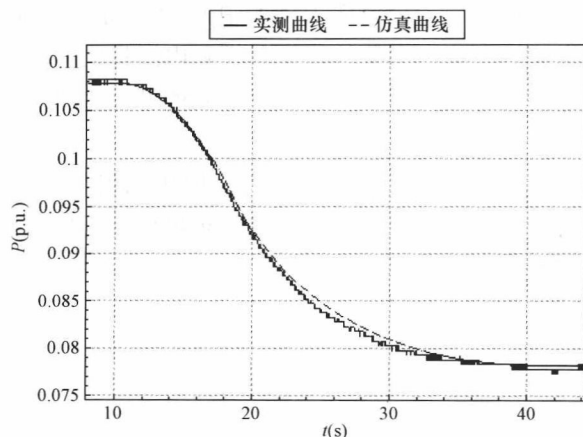


图 2 SL1500 型风电机组负载下手动变桨试验实测仿真对比

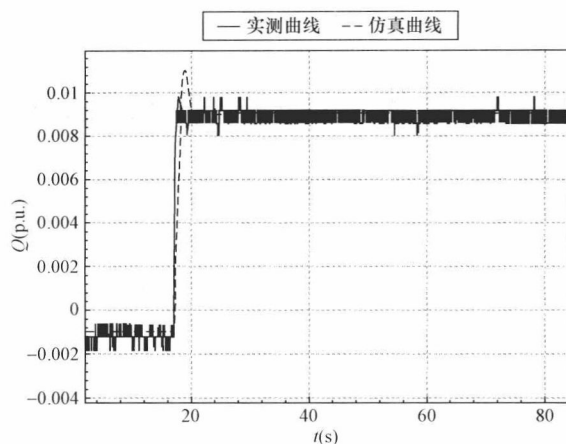
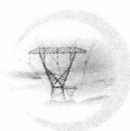


图3 SL1500型风电机组无功指令20Mvar阶跃试验实测仿真对比

编辑暂态稳定自定义模型 (4061) 参数

参数组号: 2

Omax	Omin	H2	Hg
0.33200	-0.42500	0.13989	0.07719
Dtg	Omegal	Rtg	Vw0
1.50000	125.86000	1.24500	4.35782
Kb	rhoAr	VGmax	T1G
56.60000	0.00159	0.00000	3.00000
T2G	VthrshdL	VthrshdH	T1R
8.00000	0.00000	1.00000000	10.00000
T2R	VRmax	T3R	TR
40.00000	0.00000	30.00000	30.00000
VGp1	Theta0	Tcut	XL
1.00000	0.00000	100.00000	0.00000
Sf	XT	Pf	Kpc
0.82330	0.00000	0.75000	8.60000
Kic	Kptrq	Kitrq	Kpp
25.80000	15.70000	7.50000	32.40000
Kip	KGI	IsObvV	Q_Tstart
16.20000	0.08000	-1.00000	16.60000
Q_Tend	AO	Pmin	theta_Tstar
83.24000	0.01000	0.01000	1.00000
theta_T1	theta_T2	theta_T3	theta_max
2.00000	3.00000	4.00000	0.00000

浏览
输出
保存
退出

图4 无功指令阶跃扰动试验风电机组模型参数表