

中国电力



国家能源集团
CHN ENERGY

北京国电智深控制技术有限公司

研发国内

首套智能控制系统



岸石® (iSol) 智能控制系统

国内电厂

首次应用

东胜电厂\宿迁电厂

发电过程



更安全



更高效



更精准



更低碳



更灵活

智能发电厂整体解决方案

SMART POWER STATION TOTAL SOLUTION

工业智能计算引擎

信息安全管理

智能监控

智能先进控制

智能设备管理

能效大闭环

地址 / 北京市昌平区未来科学城英才北二街9号#307楼

邮编 / 102211

电话 / +86(0)10 56977999

传真 / +86(0)10 56977800



ISSN 1004-9649



9 771004 964209

0 7>



万方数据





中国电力

ZHONGGUO DIANLI
第 53 卷第 7 期 2020 年 7 月

目次

《中国电力》编辑委员会

名誉主任委员 舒印彪

主任委员 张运洲

副主任委员

陈维江 陈小良 蒋敏华 王成山
叶 泽 康重庆 朱法华

顾问委员(按姓氏笔画排序)

王志轩 卢 强 史玉波 刘吉臻
杜祥琬 周孝信 黄其励 韩祯祥
潘自强 薛禹胜

委 员(按姓氏笔画排序)

丁 明 王继业 王锡凡 王耀华
文福拴 甘德强 司马文霞 刘建明
汤广福 孙献斌 李若梅 李明节
李庚银 邱忠涛 何金良 余 军
余贻鑫 辛耀中 汪小刚 沈 沉
宋永华 张伯明 张保会 陈 新
岳光溪 庞 辉 胡兆光 姚良忠
姚 强 徐 政 郭经红 郭剑波
曹一家 程时杰 程浩忠 翟永平
穆 钢

国际顾问(以姓名英文字母为序)

Kevin DU (Canada) Laili LAI (UK)
Wei-jen LEE (USA) Hao LIU (Canada)
Kwok Lun LO (UK) Jianhui WANG (USA)
Xiaofeng ZHANG (USA) Henry ZHAO (USA)
Suyan ZHOU (France)

主 编 汤广福 王耀华

副 主 编 康重庆 朱法华 方 彤 李 琼

本期执行主编 张重实

责任编辑 李 博 张 燕 张子龙 许晓艳
吴恒天 蒋东方 杨 彪

发行广告 孙 洁 王瑞民

专稿

中国电力弹性系数与工业化阶段关系

.....单葆国,张成龙,王向,姚力,刘青,谭显东 (1)

远海风电送出关键技术专栏

特约主编寄语.....徐政 (7)

“十四五”中国海上风电发展关键问题时智勇,王彩霞,李琼慧 (8)

江苏海上、沿海和内陆风电出力及波动特性分析
.....张宁宇,周前,刘建坤 (18)

海上升压站选址优化研究杨源,汤翔,辛妍丽 (24)

66 kV 抗水树 XLPE 绝缘轻型海底电缆研制
.....陈果,蔡剑,谢书鸿,胡明,刘利刚,景洋,凌志伟 (29)

等传输容量铜、铝导体海缆技术经济性比较
.....李雷,谢书鸿,胡明,赵囿林,徐拥军,王海洋 (36)

基于二极管不控整流单元的远海风电低频交流送出方案
.....唐英杰,张哲任,徐政 (44)

大规模海上风电柔性直流输电技术应用现状和展望
.....刘卫东,李奇南,王轩,张帆,李兰芳,燕翠 (55)

66 kV 交流接入海上换流站方案的技术经济性
.....吕杰,杨维稼,黄玮,庞辉,孔明,杨云霞,张闻闻 (72)

采用中频不控整流直流系统的远海风电送出方案
.....张哲任,唐英杰,徐政 (80)

海上风机塔筒的非均匀传输线模型
.....宋远见,徐政,余敬秋,张哲任 (92)

海上风电机组浮式基础结构综述
.....周绪红,王宇航,邓然 (100)

风电机组电磁暂态建模及验证
.....张兴,孙艳霞,李丽娜,高彩云,马俊华,高丽萍,
刘可可,何国庆,李光辉 (106)

智能电网状态估计及其应急仿真专栏

特约主编寄语.....林济铿 (113)

“国家期刊奖”获奖期刊
中文核心期刊
中国期刊方阵期刊
中国科学引文数据库(CSCD)核心期刊
中国科技核心期刊
RCCSE 中国核心学术期刊(A)
英国《科学文摘》(SA,INSPEC)收录期刊
俄罗斯《文摘杂志》(AJ of VINITI)收录期刊
美国《剑桥科学文摘》(CSA)收录期刊
中国科技论文统计源期刊
中国科技文献数据库收录期刊
中文科技期刊数据库收录期刊
中国期刊网收录期刊
中国电力报刊协会优秀期刊

最小化用户停电损失的主动配电网黑启动分区优化策略	(114)
黑启动路径生成及系统恢复辅助决策系统	(122)
超大规模电网快速状态估计的实现方法	(132)
基于 PMU 量测信息的短线路同杆并架双回线参数辨识	(141)
不确定量测下发电机动态状态估计性能分析	(149)
电力系统并行恢复分区新模型及算法	(160)
状态估计研究模式设计及应用	(169)

燃煤机组水分回收及处理关键技术专栏

带有冷凝微结构的间歇式膜蒸馏组件传热传质过程机理研究	(176)
燃煤电厂脱硫废水热法零排放技术热成本分析	(184)
电站锅炉尾部烟气余热回收与梯级利用系统特性分析	(189)
脱硫废水处理前后喷射 CI 析出特性	(197)

发电

亚临界汽包炉深度调峰安全性评估及控制优化技术	(203)
轴承振动对油膜涡动的影响分析与试验	(211)

中国电力

(月刊,1956年创刊)
第53卷第7期(总第620期)
2020年7月5日出版

主管单位:国家电网有限公司
主办单位:国网能源研究院有限公司
中国电机工程学会
全球能源互联网研究院有限公司

编辑出版:《中国电力》编辑部
地 址:北京市昌平区北七家镇未来科学城滨河大道18号“国家电网公司”园区B315
邮政编码:102209
电 话:010-66603808(编辑部)
010-66603801(广告、发行)
传 真:010-66603578
网上投稿:www.chinapower.org
印 刷:北京科信印刷有限公司
总 发 行:北京市报刊发行局
订 购:全国各邮局
国内邮发代号:2-427
国内定价: 50.00元/期
600.00元/年
国外发行代号:M-276
国外总发行:中国国际图书贸易总公司
(北京399信箱)
中国标准连续出版物号: ISSN 1004-9649
CN 11-3265/TM
广告登记号:京昌市监广登字20190011

声明

本刊已与相关数据库合作, 许可在其数据库产品中以数字化方式复制、汇编、发行、信息网络传播本刊全文, 该数据库著作权使用费与本刊稿酬一并支付。作者向本刊提交文章发表的行为即视为同意本刊上述声明。

ELECTRIC POWER

Vol.53 No.7 July 2020

MAIN CONTENTS

Special Contribution

- Relationship between Electricity Elasticity Coefficient and Industrialization Stage in China
..... SHAN Baoguo, ZHANG Chenglong, WANG Xiang, YAO Li, LIU Qing, TAN Xiandong (6)

Key Technology of Offshore Wind Power Integration

- Key Issues of China's Offshore Wind Power Development in the "14th Five-Year Plan"
..... SHI Zhiyong, WANG Caixia, LI Qionghui (17)
- Output and Fluctuation Characteristics of Off-shore, Coastal and Inland Wind Farms in Jiangsu Province
..... ZHANG Ningyu, ZHOU Qian, LIU Jiankun (23)
- Research on Optimal Site Selection for Offshore Wind Farms Substation
..... YANG Yuan, Tang Xiang, XIN Yanli (71)
- Research and Development of 66 kV Water Tree Retardant XLPE Light Insulated Submarine Cable
..... CHEN Guo, CAI Jian, XIE Shuhong, HU Ming, LIU Ligang, JING Yang, LING Zhiwei (43)
- Technical and Economical Performance Comparison of Copper and Aluminum Conductor Submarine Cables with Equal Transmission Capacity
..... LI Lei, XIE Shuhong, HU Ming, ZHAO Youlin, XU Yongjun, WANG Haiyang (43)
- Diode Rectifier Unit Based LFAC Transmission for Offshore Wind Farm Integration
..... TANG Yingjie, ZHANG Zheren, XU Zheng (168)
- Application Status and Prospect of VSC-HVDC Technology for Large-Scale Offshore Wind Farms
..... LIU Weidong, LI Qinan, WANG Xuan, ZHANG Fan, LI Lanfang, YAN Hui (71)
- Techno-economic of 66 kV AC Connection Solution for Offshore Wind Power
..... LYU Jie, YANG Weijia, HUANG Wei, PANG Hui, KONG Ming, YANG Yunxia, ZHANG Wenwen (79)
- Medium Frequency Diode Rectifier Unit Based HVDC Transmission for Offshore Wind Farm Integration
..... ZHANG Zheren, TANG Yingjie, XU Zheng (91)
- Non-uniform Transmission Line Model of Offshore Wind Turbine Tower
..... SONG Yuanjian, XU Zheng, YU Jingqiu, ZHANG Zheren (216)
- Review on Floating Foundation Structures for Offshore Wind Turbines
..... ZHOU Xuhong, WANG Yuhang, DENG Ran (112)
- Electromagnetic Transient Modelling and Verifying of Wind Turbine Generator
ZHANG Xing, SUN Yanxia, LI Lina, GAO Caiyun, MA Junhua, GAO Liping, LIU Keke, HE Guoqing, LI Guanghui (112)

State Estimation and Emergency Simulation of Smart Grid

- Optimization Strategy for Black-Start Partitioning of Active Distribution Network to Minimize Customer Outage Cost
..... ZHAO Jinquan, ZHANG Qiang, FANG Song, PENG Song (121)
- An Assistant Decision-making System for Black-Start Path Generation and System Restoration
..... XIANG Yinxing, TANG Xiaojian, LIN Jikeng (131)
- Implementation Method for Fast State Estimation of Super-large Power Grid
..... LUO Yuchun, WANG Yi, SHAN Xin, DAI Zemei, ZHANG Lei (140)
- Parameter Identification of Short Parallel Double-Circuit Lines Based on PMU Measurements
..... HUANG Xiaoxiao, YANG Tao, ZHENG Xiaolin, GUO Lingxu, LIN Jikeng (148)
- Performance Analysis of Generator Dynamic State Estimation under Uncertain Measurement
..... ZHAO Jingbo, WEI Zhinong, WANG Hanwen, XIE Bing, HUANG Mei, MENG Xia (159)
- New Partition Model and Algorithm of System Restoration
..... XIANG Yinxing, LI Qi, LIN Jiken (168)
- Design and Application of State Estimation Research Mode
..... PENG Long, NING Jian, WANG Yi, LU Juanjuan, ZHANG Yong, LUO Yuchun (175)

Key Technology for Water Recovery and Treatment of Coal-Fired Generating Unit

- Mechanism Study on Heat and Mass Transfer Process of Conductive Gap Membrane Distillation Module with Condensation Microstructure
..... MA Tao, DU Xiaoze, WU Jiangbo, LIU Shujun (183)
- Thermal Cost Analysis on Thermal Zero Discharge Technology for Flue Gas Desulfurization (FGD) Wastewater of Coal-Fired Units
..... ZHAO Shuran, HAN Xiaoqu, ZHANG Dan, LIU Jiping (196)
- System Characteristic Analysis of Waste Heat Recovery and Cascade Utilization of Tail Flue Gas of Power Boiler
..... TENG Da, LI Tielin, LI Ang, AN Liansuo, CHEN Haiping, SHEN Guoqing (196)
- Precipitation Characteristics of Chlorine in the Process of Desulfurization Wastewater Spray Before and After Treatment
..... ZHANG Qian, NI Li, DOU Chaozong, XIAO Haiping (202)

Generation Technology

- Safety Evaluation and Control Optimization Technology for in-Depth Peak-Shaving of Subcritical Drum Boiler
..... ZHANG Shun, YAN Peifei, YAO Hongyu, LI Shengpeng, CAO Shibao, GAO Yazhou (210)
- Analysis and Test on the Effect of Bearing Vibration on Oil Film Whirl
..... HE Guoan, HU Xiangyu, YANG Cheng, AN Shijiang, ZHANG Xueyan (216)

ELECTRIC POWER (Monthly) Vol.53 No.7 (Ser.620) July 2020

Competent Authorities: State Grid Corporation of China
Sponsors: State Grid Energy Research Institute Co., Ltd.
Chinese Society for Electrical Engineering
Global Energy Interconnection Research Institute Co., Ltd.
Editor and Publisher: Editorial Department of Journal
Editor-in-Chief: TANG Guangfu, WANG Yaohua
Publication Number: ISSN 1004-9649

General Distribution: Beijing Office of Postal Service
Distributed Abroad: China International Book Trading Corporation,
P.O. Box 399 Beijing, China
Add: Tower B, SGCC, Future Science Park, Beijing 102209, China
Web Site: <http://www.chinapower.org>
Tel: +86-10-66603801
Fax: +86-10-66603578