

ISSN 0258 - 8013
CODEN ZDGXER

中国电机工程学报

半月刊

第 43 卷 第 9 期

Proceedings of the CSEE

SEMIMONTHLY

Vol.43 No.9

中国电机工程学报

第四十三卷

第九期

二〇二三年五月

Proceedings of the CSEE

Vol.43 No.9 May 2023



5月
2023
2023-05-05 出版

ISSN 0258-8013



中国电机工程学会主办
THE CHINESE SOCIETY FOR ELECTRICAL ENGINEERING



中国电机工程学报

ZHONGGUO DIANJI GONGCHENG XUEBAO

第 43 卷

第 9 期 (总第 716 期)

2023 年 5 月 5 日

目 次

(论文电子版 <http://www.pcsee.org/CN/volumn/home.shtml>)

· 电力系统 ·

- 一种动态性能友好型柔性直流输电系统高频自稳控制策略 于浩天, 吕敬, 蔡旭, 汤广福 (3293)
- 柔性直流输电系统高频振荡建模分析与抑制策略综述 满九方, 谢小荣, 陈垒, 姚谦, 李鹏 (3308)
- 基于故障后稳态电压安全约束的新能源并网系统电压支撑强度量化分析方法 孙华东, 于琳, 赵兵 (3322)
- 交流网严重故障引发 LCC-UHVDC 功率振荡机理及控制优化方法 丁平, 刘明松, 张慕婕, 万凯遥, 尹健, 张庆武, 刘敏 (3332)
- 功率因数角偏差导致的线路无功量测异常及其检测方法 薛安成, 顾雷, 蒋正威, 孔贺, 徐飞阳, 卢敏, 马婧, 洪海雁 (3342)
- 电力市场环境信息物理社会融合的电力系统优化调度 李鹏, 陈元峰, 周钱雨凡, 杨苹, 俞靖一, 姚森敬 (3354)
- 虚拟电厂短时长精细化生产模拟方法与系统 薛景润, 施啸寒, 曹永吉, 张恒旭 (3366)
- 基于特勒根拟功率定理的直流输电线路故障测距 王波, 刘世明, 赵永森 (3381)
- 基于控制协同的微电网注入式保护方法研究 方重凯, 牟龙华, 欧锐, 王子豪 (3389)
- 联接低惯量交流系统的 MMC 与发电机之间的低频交互振荡模式研究 徐李清, 郭春义, 杨硕 (3402)

· 综合能源 ·

- 基于气网动态代理模型的电-气综合能源系统最优能流计算 许康平, 王程, 毕天姝 (3415)
- 电-热综合能源系统仿射型区间多能流算法 李壹民, 邵振国, 黄圆皓, 蔡明杰, 陈飞雄 (3429)
- 考虑用户侧微网能量支援的电-气-热耦合系统可靠性评估 唐巍, 李嘉, 张璐, 佟博, 张志刚, 潘永超, 张筱慧 (3444)

· 发电 ·

- 基于有机胺构效关系优选燃煤烟气 CO₂ 吸收剂 刘飞, 祁志福, 胡杭天, 申震, 方梦祥, 厉宸希 (3458)
- 热催化还原二氧化碳制甲烷催化剂研究进展 马骏驰, 丁红蕾, 潘卫国, 邱凯娜, 穆啸天, 张凯, 赵悦彤, 郭士义, 丁承刚, 邓云天 (3468)
- 燃煤电厂炉渣形成机理研究 陆超, 刘念, 周臣, 吴锁贞, 汪后港, 翟鹏宇, 杨圣超, 李旭, 张洪 (3478)
- 基于动态时延分析和典型样本筛选的 NO_x 排放浓度预测 李悦, 唐振浩, 曹生现, 沈涛 (3488)
- 切圆炉流场对燃烧器供风依变特性研究 马辉, 刘璠, 李言钦, 汪海洋 (3498)

· 电力电子 ·

- 二倍频功率解耦的升降压型无桥 PFC 变换器 胡广, 吴学智, 续文政, 荆龙 (3507)
- 变换器级联运行有功电流传输极限分析及优化 王凯, 原熙博, 王晖, 张永磊, 伍小杰 (3515)
- 基于双频功率回路的星形级联 H 桥 STATCOM 不平衡补偿研究 刘威, 季振东, 孙毅超, 李东野, 王建华, 赵剑锋 (3527)
- 一种交错并联双向 DC-DC 变换器的新型磁集成技术 高圣伟, 王博, 孙醒涛 (3538)
- 基于矩阵变压器的全移相双有源全桥直流变换器的电流应力优化方法 吴春华, 陈修淋, 李智华, 汪飞 (3550)

· 电机及其系统 ·

- 无铁心直线感应悬浮电机非均匀气隙工况的三维磁场与力特性分析 秦伟, 吕刚, 马育华, MAHMUDA Rahman, 方进 (3564)
- 开关磁阻电机系统级确定性与鲁棒性优化设计方法的对比分析 刁凯凯, 孙晓东, 杨泽斌 (3575)
- 离散均匀分布随机 SVPWM 中伪随机数序列的表征与选择 刘剑, 王玉, 鲁炳林, 莫桂玲 (3586)
- 永磁同步电机基于双积分器模型实现的改进离散准谐振控制器设计 朱元, 肖明康, 孟令, 陆科 (3599)

· 高电压 ·

- 基于柔性馈电螺旋天线和硅光电倍增管的 GIS 局部放电联合传感技术 芮逸凡, 王亚林, 周明瑜, 罗艺, 王海田, 孙浩, 尹毅 (3610)
- 真空有载分接开关动力学建模及仿真分析 张书琦, 张耀, 汪可, 张农, 肖毅, 李孝银, 李刚, 李戈琦 (3621)
- 电缆绝缘老化的高压频域介电谱诊断评估方法 王昊月, 孙茂伦, 赵凯杰, 王晓威, 王伟, 李成榕 (3630)
- 超疏水可逆热致变色智能感温涂层的制备及其性能的研究 王鹏, 张雪松, 陈涛, 赵辉 (3642)
- 风电机组叶片雷击风险分布特征 顾建伟, 陈维江, 黄胜鑫, 何天宇, 边凯, 时卫东, 向念文 (3651)

· 教育与教学 ·

- 2017—2022 年度 NSFC 智能电网联合基金重点技术方向与资助对象分析 赵强, 周翔, 张玉琼, 高甲蒙, 陈紫薇 (3664)
- 储能学科建设探索及相关建议 李建林, 崔宜琳, 王力 (3674)
- 面向能源战略变革的“复合型”电力工科人才培养机制构建 符杨, 韦钢, 唐忠, 葛晓琳, 魏书荣, 吴文军 (3683)

· 英文概述见论文电子版 ·

PROCEEDINGS OF THE CHINESE SOCIETY FOR
ELECTRICAL ENGINEERING
(PROCEEDINGS OF THE CSEE)

Vol.43 No.9 (Ser. 716)

May 5, 2023

CONTENTS

(Electronic Journals <http://www.pcsee.org/EN/volumn/current.shtml>)

- **Power Systems** •
A Dynamic Performance-friendly High-frequency Self-stabilizing Control Method for Flexible HVDC System
..... YU Haotian, LYU Jing, CAI Xu, TANG Guangfu (3293)
Overview of Modeling Analysis and Mitigation Strategies of High-frequency Resonance in MMC-HVDC Systems
..... MAN Jiufang, XIE Xiaorong, CHEN Lei, YAO Qian, LI Peng (3308)
Quantitative Analysis Method for System Strength of Renewable Energy Generation Grid-connected System Based on
Post-fault Steady-state Voltage Security Constraint..... SUN Huadong, YU Lin, ZHAO Bing (3322)
Mechanism and Improved Control Scheme of LCC-UHVDC Oscillation Caused by AC Network Severe Fault
..... DING Ping, LIU Mingsong, ZHANG Mujie, WAN Kaiyao, YIN Jian, ZHANG Qingwu, LIU Min (3332)
Detection Method for Abnormal Measured Reactive Power Loss Data of Transmission Line Induced by Power Factor Angle Deviation
..... XUE Ancheng, GU Lei, JIANG Zhengwei, KONG He, XU Feiyang, LU Min, MA Jing, HONG Haiyan (3342)
Optimal Dispatch of Power System Based on Cyber-physical-social Integration Under the Power Market Environment
..... LI Peng, CHEN Yuanfeng, ZHOU Qianyufan, YANG Ping, YU Jingyi, YAO Senjing (3354)
Refined Modeling and System of Virtual Power Plant Short Term Production Simulation
..... XUE Jingrun, SHI Xiaohan, CAO Yongji, ZHANG Hengxu (3366)
Fault Location for HVDC Transmission Lines Based on Tellegen's Quasi-power Theorem..... WANG Bo, LIU Shiming, ZHAO Yongsen (3381)
Research on Control-protection Coordination Based on Injection Protect Scheme of Microgrid
..... FANG Chongkai, MU Longhua, OU Rui, WANG Zihao (3389)
Research on Low Frequency Interactive Oscillation Mode Between Generator and MMC Connected to Low Inertia AC System
..... XU Liqing, GUO Chunyi, YANG Shuo (3402)
- **Integrated Energy** •
Optimal Energy Flow Calculation of Integrated Electric-gas Systems Based on Gas Network Dynamic Surrogate Model
..... XU Kangping, WANG Cheng, BI Tianshu (3415)
Interval Multi-energy Flow Algorithm for Integrated Heat and Electricity System Based on Affine Arithmetic
..... LI Yimin, SHAO Zhenguang, HUANG Yuanhao, CAI Mingjie, CHEN Feixiong (3429)
Reliability Evaluation of Electricity-gas-heat Coupled System Considering the Energy Support of User-side Micro-energy Network
..... TANG Wei, LI Jia, ZHANG Lu, TONG Bo, ZHANG Zhigang, PAN Yongchao, ZHANG Xiaohui (3444)
- **Power Generation** •
Structure-activity Relationship-based Selection of Amine Solvent for CO₂ Capture From Coal-fired Flue Gas
..... LIU Fei, QI Zhifu, HU Hangtian, SHEN Zhen, FANG Mengxiang, LI Chenxi (3458)
Research Progress on Catalysts for Methane Production by Thermal Catalytic Reduction of Carbon Dioxide
..... MA Junchi, DING Honglei, PAN Weiguang, QIU Kaina, MU Xiaotian,
ZHANG Kai, ZHAO Yuetong, GUO Shiyi, DING Chenggang, DENG Yuntian (3468)
Mechanism Study on the Formation of Bottom Ash in a Coal-fired Power Plant
..... LU Chao, LIU Nian, ZHOU Chen, WU Suozhen, WANG Hougang, ZHAI Pengyu, YANG Shengchao, LI Xu, ZHANG Hong (3478)
Prediction of NO_x Emission Concentration Based on Dynamic Time Delay Analysis and Typical Sample Selection
..... LI Yue, TANG Zhenhao, CAO Shengxian, SHEN Tao (3488)
Investigation on Dependence Characteristics of Flow Field in Tangential Furnace on Air Supply
..... MA Hui, LIU Fan, LI Yanqin, WANG Chaoyang (3498)
- **Power Electronics** •
A Buck/boost Bridgeless Active Power Factor Correction Converter With Double-frequency Power Decoupling
..... HU Guang, WU Xuezhi, XU Wenzheng, JING Long (3507)
Analysis and Optimization of Active Current Transmission Limit of Cascaded Converters
..... WANG Kai, YUAN Xibo, WANG Hui, ZHANG Yonglei, WU Xiaojie (3515)
Research on Unbalance Current Compensation of Star-connected Cascaded H-bridge STATOM Based on Dual-frequency Power Loop
..... LIU Wei, JI Zhendong, SUN Yichao, LI Dongye, WANG Jianhua, ZHAO Jianfeng (3527)
A Novel Magnetic Integration Technology for Interleaved Parallel Bidirectional DC-DC Converters
..... GAO Shengwei, WANG Bo, SUN Xingtao (3538)
Current Stress Optimization Method of Full-phase-shift Dual-active Full-bridge DC Converter Based on Matrix Transformer
..... WU Chunhua, CHEN Xiulin, LI Zhihua, WANG Fei (3550)
- **Motors and Their Systems** •
3D Analytical Model to Analysis the Magnetic Field and Characteristic of Coreless Linear Induction Maglev Motor for
Uneven Air Gap Conditions QIN Wei, LYU Gang, MA Yuhua, MAHMUDA Rahman, FANG Jin (3564)
Comparative Analysis of System-level Deterministic and Robust Optimization Design Methods for Switched Reluctance Motors
..... DIAO Kaikai, SUN Xiaodong, YANG Zebin (3575)
Characterization and Selection of Random SVPWM Pseudo Random Number Sequence Based on Discrete Uniform Distribution
..... LIU Jian, WANG Yu, LU Binglin, MO Guiling (3586)
Design of Improved Discrete Quasi Resonant Controllers Implemented With Two Integrators Model for
Permanent Magnet Synchronous Motor ZHU Yuan, XIAO Mingkang, MENG Ling, LU Ke (3599)
- **High Voltage** •
Partial Discharge Optic-electric Integrated Sensing Technology Based on Helical Antenna Attached Flexible Feeding Network and
Silicon Photomultiplier in GIS RUI Yifan, WANG Yalin, ZHOU Mingyu, LUO Yi, WANG Haitian, SUN Hao, YIN Yi (3610)
Dynamic Modeling and Simulation Analysis of Transformer Vacuum-type On-load Tap Changer
..... ZHANG Shuqi, ZHANG Yao, WANG Ke, ZHANG Nong, XIAO Yi, LI Xiaoyin, LI Gang, LI Geqi (3621)
High Voltage FDS Diagnosis and Evaluation Method for Cable Insulation Aging
..... WANG Haoyue, SUN Maolun, ZHAO Kaijie, WANG Xiaowei, WANG Wei, LI Chengrong (3630)
Study on Preparation and Performance of Superhydrophobic Reversible Thermochromic Intelligent Temperature Sensitive Coating
..... WANG Peng, ZHANG Xuesong, CHEN Tao, ZHAO Hui (3642)
Distribution Characteristics of Lightning Strike Risk Along Wind Turbine Blades
..... GU Jianwei, CHEN Weijiang, HUANG Shengxin, HE Tianyu, BIAN Kai, SHI Weidong, XIANG Nianwen (3651)
- **Education and Teaching** •
Analysis of Key Technical Directions and Funding Objects of NSFC Smart Grid Joint Fund in 2017—2022
..... ZHAO Qiang, ZHOU Xiang, ZHANG Yuqiong, GAO Jiameng, CHEN Ziwei (3664)
Exploration and Suggestions on the Construction of Energy Storage Discipline LI Jianlin, CUI Yilin, WANG Li (3674)
Construction of "Composite" Power Engineering Personnel Training Mechanism for Energy Strategic Reform
..... FU Yang, WEI Gang, TANG Zhong, GE Xiaolin, WEI Shurong, WU Wenjun (3683)
- **For Extended Summaries, Please See the Electronic Journals** •

《中国电机工程学报》第五届编辑委员会成员

主任委员：舒印彪

副主任委员：林铭山 郑健超 周孝信 郭剑波 赵 鹏 苏立新

委 员：丁玉剑 王成山 王 东 王伟胜 王树民 文劲宇 卢啸风 帅智康 付 昶 司凤琪 毕天姝
(按姓氏笔画排序) 吕俊复 朱法华 刘 东 刘进军 汤广福 汤 涌 许世森 许建中 孙华东 孙宏斌 孙秋野
杜小泽 杜 雄 李子欣 李立毅 李庆民 李兴文 李武华 李国庆 李 鹏 杨寿敏 杨晓峰
肖 飞 吴广宁 吴云喜 吴少华 别朝红 何正友 何湘宁 邹继斌 辛焕海 宋文胜 张小平
张东霞 张书琦 张 宁 张 兴 张卓然 陈阿莲 陈 武 陈海生 邵 涛 林湘宁 罗皓泽
和敬涵 周 昊 周 波 郑 超 赵文祥 荣命哲 胡家兵 姚良忠 姚 洪 徐殿国 涂春鸣
梅生伟 曹一家 崔 翔 康重庆 程 明 曾 嵘 谢永慧 蔡小舒 蔡宁生 廖瑞金 穆 钢
戴朝波

顾 问：丁 明 马伟明 王锡凡 丰镇平 朱宝田 危师让 刘吉臻 刘建明 孙元章 李文沅 杨奇逊
(按姓氏笔画排序) 吴青华 余贻鑫 宋永华 张文涛 张伯明 陈维江 金红光 赵淳生 郭烈锦 陶文铨 程时杰
Goran Strbac Saifur Rahman Chanan Singh Vijay Vittal

编委会秘书：韩 蕾

中国电机工程学报

(半月刊, 1964年创刊)

第43卷第9期 2023年5月5日出版

版权所有

Proceedings of the CSEE

(Semimonthly, started in 1964)

Vol.43 No.9 May 5, 2023

© 2023 Chinese Society for Electrical Engineering

主 管	中国科学技术协会	Competent Authority	China Association for Science and Technology
主 办	中国电机工程学会	Sponsor	Chinese Society for Electrical Engineering(CSEE)
主 编	汤 涌	Editor-in-Chief	Yong TANG
副 主 编	张东霞 穆 钢 杨寿敏 李武华 王 东	Associate Editor-in-Chief	Dongxia ZHANG Gang MU Shoumin YANG Wuhua LI Dong WANG
编辑出版	《中国电机工程学报》编辑部	Publisher	Editorial Office of Proceedings of the CSEE
地 址	100192北京清河小营东路15号 中国电力科学研究院有限公司	Address	Xiaoyingdonglu 15, Qinghe, Beijing 100192, China
编辑部主任	韩 蕾	Director	Lei HAN
编辑部副主任	乔宝榆	Deputy Director	Baoyu QIAO
编 辑	李泽荣 邱丽萍 吕鲜艳 李婧妍 胡琳琳 朱腾翌 刘雪莹 张文鑫 陈 娟	Editor	Zerong LI Liping QIU Xianyan LYU Jingyan LI Linlin HU Tengyi ZHU Xueying LIU Wenxin ZHANG Juan CHEN
电 话	010-82415657(传真) 010-82812534 010-82812972 010-82812973	Telephone	86-10-82415657(Fax) 86-10-82812534 86-10-82812972 86-10-82812973
电子 邮 件	pcsee@epri.sgcc.com.cn	E-mail	pcsee@epri.sgcc.com.cn
网 址	www.pcsee.org	Website	www.pcsee.org
印 刷	北京科信印刷有限公司	Printed by	Beijing Kexin Printing Co., Ltd.
国内 发 行	北京报刊发行局	Domestic Distributor	Beijing Newspaper and Periodical Distribution Bureau
国外 发 行	中国国际图书贸易集团有限公司	Overseas Distributor	China International Book Trading Corporation
国际刊名代码	ZDGXER	CODEN	ZDGXER

中国标准连续出版物号：ISSN 0258-8013
CN 11-2107/TM

邮发代号：国际M5746
国内82-327

国内定价：每册 84 元 全年 2016 元