

# 电力系统自动化

DIANLI XITONG ZIDONGHUA

第44卷第16期(总第686期) 2020年8月25日出版

1977年创刊

## 《电力系统自动化》 编辑委员会

名誉主任委员 舒印彪  
主任委员 冷俊  
副主任委员 王益民 吴维宁  
郑玉平 薛禹胜

委员 (以姓氏笔画为序)  
丁 怡 于继来 卫志农 王小红  
王剑辉 方勇杰 尹项根 艾 芊  
帅智康 叶 林 毕天姝 任雁铭  
刘玉田 刘明波 刘 念 刘俊勇  
刘 健 汤 奕 许树楷 孙华东  
孙宏斌 杨争林 李 力 李方兴  
李建林 李 斌 李 鹏 严干贵  
严 正 何正友 别朝红 沈 沉  
张 兴 张勇军 张恒旭 陆佳政  
陈启鑫 胡家兵 赵 波 饶 宏  
姚 伟 姚建国 袁宇波 顾 伟  
徐丙垠 徐石明 徐 箭 郭创新  
高宗和 梅生伟 曹一家 黄学良  
董新洲 傅 闯 鲁宗相 谢开贵  
谢少军 翟明玉 薛 峰 鞠 平

学术顾问 (以姓氏笔画为序)  
马伟明 王成山 王锡凡 刘吉臻  
汤广福 汤 涌 杨奇逊 李九虎  
李立涅 吴青华 邱爱慈 余贻鑫  
辛耀中 沈国荣 宋永华 陈国平  
陈维江 周孝信 段献忠 姚良忠  
夏 清 郭剑波 程时杰 穆 钢

国际顾问 (以姓名英文字母为序)  
Anjan BOSE  
San Shing CHOI  
Mo-Yuen CHOW  
Zhaoyang DONG  
Nikos D. HATZIARGYRIOU  
Wenyuan LI

## 目 次

### 观点

中国电力市场未来研究方向及关键技术 ..... 张 显,史连军(1)  
绿色电力市场本质动因及设计思考  
..... 单茂华,汤洪海,耿明志,曹 阳,杨争林,王一哲(12)

### 能源转型与电力支撑

促进用户侧能源转型的区域能源定价与管理策略  
..... 王一铮,庞凯元,文福拴,薛禹胜,孙轶恺,高美金(21)  
碳排放配额托管业务中联合系统交易决策及利润分配策略  
..... 赵 双,潘险险,林 俐(30)

### 学术研究

SoS架构下计及虚假信息的多微电网经济调度  
..... 林宗岱,赵 波,李春燕,汪湘晋,倪筹帷,张后谊(37)  
计及风电不确定性和弃风率约束的风电场储能容量配置方法  
..... 杨立滨,曹 阳,魏 犇,陈来军,梅生伟(45)  
直流配电网中含光伏的电动汽车快速充电站优化配置方案  
..... 陈红坤,夏方舟,袁 栋,刘 洋,陈 磊,覃新宇(53)  
多尺度和多物理场的电力电子变换器建模方法初探  
..... 刘运华,张 波,谢 帆,丘东元,陈艳峰(61)  
混合型MMC接入弱交流电网稳定性分析及控制参数优化  
..... 鲁晓军,向 往,林卫星,文劲宇(70)

国家科委(79)国科发条字第147号文批准

江苏省工商行政管理局广告发布登记第32000000223号

基于时-频域混合特征的变电站通信网异常流量检测方法

…… 杨 挺,侯昱丞,赵黎媛,盆海波,原 凯,宋 毅(79)

考虑多风电场黑启动价值的机组恢复顺序双层优化决策

…… 周宜昌,刘 艳,顾雪平(87)

新一代电网调控系统分析决策中心多活数据同步设计与实现

…… 彭 晖,吴 涛,史浩秋,陈 鹏,王玉军,吴炳祥(98)

## 研制与开发

协同电网安全性与经济性的新能源优先实时调度方法及应用

…… 王 彬,孙 勇,吴文传,慕宗达(105)

考虑分组控制和有序恢复的风电调频策略

…… 劳焕景,张 黎,赵 彤,邹 亮(114)

基于粒子群优化算法的孤岛微电网电压不平衡补偿协调控制

…… 赖纪东,谢天月,苏建徽,刘嘉亮,周晨光,徐洁洁(121)

计及谐波频率特征的含风电配电网充分式电流幅值差动保护

…… 朱 妍,陆于平,黄 涛(130)

结合 EMD-WVD 和布谷鸟搜索算法的输电线路故障暂态保护

…… 穆利智,李泽文,吕佳佳,胡开庚,刘基典,贺子凝(137)

面向独立供电系统的四桥臂电流源变流器 3D-SVPWM 方法

…… 杨智彭,何晋伟,王成山(145)

全桥型 MMC 数字-物理混合仿真阻尼阻抗接口模型

…… 李彬彬,王圣博,韩林洁,徐梓高,徐殿国(154)

超高次谐波的合并等间隔采样方法

…… 王莹鑫,徐永海,陶 顺,宋晓庆,安 哲,王同勋(161)

## 工程应用

兼顾正负旋转备用的华中电力调峰辅助服务市场设计与实践

…… 黄海煜,王春明,夏少连,孙啸天,汪 洋(171)

就地化分布式元件保护子机动作行为差异分析

…… 顾乔根,周 华,许宗光,龚 啸,汪冬辉,顾 浩(178)

广告索引 ..... (184)

★ 第三届“中国出版政府奖”期刊奖

★ 蝉联每届中国“百强报刊”

★ 蝉联每届“国家期刊奖”

★ 美国工程索引(Ei)核心期刊

★ 新中国 60 年有影响力的期刊

★ 国家自然科学基金重点学术期刊

★ 中国精品科技期刊

★ 百种中国杰出学术期刊

★ 中国最具国际影响力学术期刊

★ RCCSE 中国权威学术期刊(A+)

★ “中国期刊方阵”双高期刊

★ 首届江苏省新闻出版政府奖报刊奖

★ 江苏省十强科技期刊

★ 中文核心期刊和中国科技核心期刊

## 《电力系统自动化》

(半月刊)

主管单位 国家电网有限公司

主办单位 国网电力科学研究院有限公司

编辑出版 南京南瑞电力信息有限公司

社 长 姜海

主 编 薛禹胜

副 主 编 张伯明 罗安 文福拴 王青

值班编辑 施冬敏 章黎

地 址 南京市江宁区诚信大道 19 号

邮政编码 211106

联系电话 (025)81093050,81093045(编辑)

(025)81093082,81093075(广告)

(025)81093071(发行)

网 址 www.aeps-info.com

电子信箱 aeps@alljournals.cn

(主题中须含“toaeps”)

发行范围 国内外公开发行

印 刷 江苏新华日报印务有限公司

国外发行 中国国际图书贸易集团有限公司

国内发行 中国邮政集团公司江苏省分公司

订 阅 处 全国各地邮政局(所)

国内定价 每期 50 元,全年 1200 元

ISSN 1000-1026

中国标准连续出版物号 CN 32-1180/TP

国际刊名代码(CODEN) DXZIE9



微信: AEPS-1977



网站二维码

# AUTOMATION OF ELECTRIC POWER SYSTEMS

Semimonthly Journal of State Grid Corporation of China

Vol. 44 No. 16(Ser. 686)

August 25, 2020

## MAIN CONTENTS

### Views

- Future Research Areas and Key Technologies of Electricity Market in China  
..... ZHANG Xian, SHI Lianjun ( 11 )
- Essential Cause and Design Thinking of Green Electricity Market  
..... SHAN Maohua, TANG Honghai, GENG Mingzhi, CAO Yang, YANG Zhenglin, WANG Yizhe ( 20 )

### Energy Transition and Power Support

- Regional Energy Pricing and Management Strategies for Promoting User-side Energy Transition  
..... WANG Yizheng, PANG Kaiyuan, WEN Fushuan, XUE Yusheng, SUN Yikai, GAO Meijin ( 29 )
- Trading Decision and Profit Distribution Strategy of Joint System in Carbon Emission Quota Custody Business  
..... ZHAO Shuang, PAN Xianxian, LIN Li ( 36 )

### Basic Research

- Economic Dispatch of Multi-microgrid Considering False Information Based on System of Systems Architecture  
..... LIN Zongdai, ZHAO Bo, LI Chunyan, WANG Xiangjin, NI Chouwei, ZHANG Houyi ( 44 )
- Configuration Method of Energy Storage for Wind Farms Considering Wind Power Uncertainty and Wind Curtailment Constraint  
..... YANG Libin, CAO Yang, WEI Wei, CHEN Laijun, MEI Shengwei ( 52 )
- Optimal Configuration Scheme of Fast Electric Vehicle Charging Station with Photovoltaic in DC Distribution Network  
..... CHEN Hongkun, XIA Fangzhou, YUAN Dong, LIU Yang, CHEN Lei, QIN Xinyu ( 60 )
- Preliminary Study on Modeling Methods with Multiscale and Multiphysics for Power Electronic Converters  
..... LIU Yunhua, ZHANG Bo, XIE Fan, QIU Dongyuan, CHEN Yanfeng ( 69 )
- Stability Analysis and Control Parameter Optimization for Hybrid Modular Multilevel Converter Connected to Weak AC System  
..... LU Xiaojun, XIANG Wang, LIN Weixing, WEN Jinyu ( 78 )
- Abnormal Traffic Detection Method of Substation Communication Network Based on Time-Frequency Domain Mixed Features  
..... YANG Ting, HOU Yucheng, ZHAO Liyuan, PEN Haibo, YUAN Kai, SONG Yi ( 86 )
- Bi-level Optimization Decision for Unit Recovery Sequence Considering Black-start Value of Multiple Wind Farms  
..... ZHOU Yichang, LIU Yan, GU Xueping ( 97 )
- Design and Implementation of Multi-active Data Synchronization in Analysis and Decision-making Center of New Generation Power Grid Dispatching and Control System  
..... PENG Hui, WU Tao, SHI Haoqiu, CHEN Peng, WANG Yujun, WU Bingxiang ( 104 )

### Application Research

- Real-time Prior Dispatch Method for Renewable Energy with Safety and Economy Coordination of Power Grid and Its Application  
..... WANG Bin, SUN Yong, WU Wenchuan, MU Zongda ( 113 )

**Competent Authorities** State Grid Corporation of China  
**Sponsor** State Grid Electric Power Research Institute  
**Editor and Publisher** State Grid Electric Power Research Institute Press  
**Chairman** LENG Jun  
**Editor in Chief** XUE Yusheng (Academician)  
**Associate Editor in Chief** ZHANG Boming, LUO An WEN Fushuan, WANG Qing  
 ©2020 Automation of Electric Power Systems Press

**Publication Number** ISSN 1000-1026  
**CODEN** DXZIE9  
**Add** No. 19 Chengxin Avenue, Nanjing, 211106, China  
**Web Site** <http://www.aeps-info.com>  
**E-mail** [aeps@alljournals.cn](mailto:aeps@alljournals.cn)  
**Tel** 86-25-81093045  
**Distributed Abroad by** China International Book Trading Corporation (GUOJISHUDIAN) Beijing, China

Frequency Regulation Strategy for Wind Power Considering Grouping Control and Orderly Recovery  
 ..... LAO Huanjing, ZHANG Li, ZHAO Tong, ZOU Liang (120)

Coordinated Control of Voltage Unbalance Compensation in Islanded Microgrid Based on Particle Swarm Optimization Algorithm  
 ..... LAI Jidong, XIE Tianyue, SU Jianhui, LIU Jialiang, ZHOU Chenguang, XU Jiejie (129)

Sufficient Current Amplitude Differential Protection Considering Frequency Characteristic of Harmonics for Distribution Network with Wind Power  
 ..... ZHU Yan, LU Yuping, HUANG Tao (136)

Transient Protection for Transmission Line Fault Combining Empirical Mode Decomposition-Wigner Ville Distribution and Cuckoo Search Algorithm  
 ..... MU Lizhi, LI Zewen, LYU Jiajia, HU Kaigeng, LIU Jidian, HE Zining (144)

Three-dimensional Space Vector Pulse Width Modulation Method of Four-leg Current-source Converter for Independent Power Supply System  
 ..... YANG Zhipeng, HE Jinwei, WANG Chengshan (153)

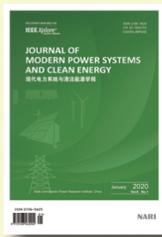
Damping Impedance Interface Model of Power Hardware-in-the-loop Simulation for Full-bridge Modular Multilevel Converter  
 ..... LI Binbin, WANG Shengbo, HAN Linjie, XU Zigao, XU Dianguo (160)

Combined Equidistant Sampling Method of Supraharmonics  
 ..... WANG Yingxin, XU Yonghai, TAO Shun, SONG Xiaoqing, AN Zhe, WANG Tongxun (170)

**Engineering Application**

Design and Practice of Peak Regulation Auxiliary Service Market for Central China Power Grid Considering Positive and Negative Spinning Reserve  
 ..... HUANG Haiyu, WANG Chunming, XIA Shaolian, SUN Xiaotian, WANG Yang (177)

Analysis on Difference in Action Behavior of Sub-unit for On-site Distributed Main Equipment Protection  
 ..... GU Qiaogen, ZHOU Hua, XU Zongguang, GONG Xiao, WANG Donghui, GU Hao (183)



**Journal of Modern Power Systems and Clean Energy**  
**(现代电力系统与清洁能源学报)**

<http://www.mpce.info> <https://ieeexplore.ieee.org/xpl/RecentIssue.jsp?punumber=8685265>



SCI/EI收录  
 数字出版  
 开放获取

- 近期专题:
- 面向信息物理的电力与能源系统状态估计 (已出版)
  - 分布式综合多能源系统
  - 人工智能在现代电力系统中的应用

主编: 薛禹胜  
 主办单位: 国网电力科学研究院有限公司  
 地址: 江苏省南京市江宁区诚信大道19号  
 电话: 025-81093060, 81093068  
 传真: 025-81093040  
 Email: [mpce@alljournals.cn](mailto:mpce@alljournals.cn)

