

《电网技术》 编辑委员会

主任：刘振亚

委员（按姓氏笔画排序）：

Wei-Jen Lee 丁明 尹积军 文福拴
王敏 王成山 王相勤 王益民
Haifeng Wang (王海风) 韦化
帅军庆 伍萱 刘广迎 刘开俊
刘开培 刘玉田 刘建明 印永华
孙昕 汤涌 纪延超 吴云
吴玉生 Qinghua Wu (吴青华)
张文亮 张丽英 张启平 张运洲
张春城 张智刚 李卫东 李文毅
李向荣 李庆林 李成榕 李群湛
杜至刚 杨庆 肖世杰 肖立业
陈峰 陈月明 周浩 郑宝森
K L Lo (罗国麟) 段献忠 赵庆波
Wilsun Xu (徐文远) 索南加乐
栾军 郭剑波 康重庆 曹一家
曹均正 曹志安 黄强 程浩忠
舒印彪 葛正翔 路书军 廖瑞金
穆钢 鞠平

顾问委员会

主任：陆延昌

副主任：周孝信 郑健超

委员（按姓氏笔画排序）：

马伟明 王锡凡 卢强 孙才新
朱英浩 严陆光 余贻鑫 宋永华
Felix Wu (吴复立) 杨奇逊 汪槱生
沈国荣 邱爱慈 陆佑楣 陈清泉
赵遵廉 唐任远 顾国彪 黄其励
程时杰 韩祯祥 潘家铮 薛禹胜

目 次

· 面向新一代电力系统和能源互联网的人工智能技术 ·

深度学习在电网图像数据及时空数据中的应用综述

.....张宇航, 邱才明, 杨帆, 徐舒玮, 石鑫, 贺兴 (1865)

基于数据驱动和深度置信网络的配电网无功优化

.....邵美阳, 吴俊勇, 石琛, 安然, 朱孝文, 黄杏, 蔡蓉 (1874)

基于深度长短时记忆网络的区域级超短期负荷预测方法

.....张宇帆, 艾芊, 林琳, 袁帅, 李昭昱 (1884)

面向变压器油色谱趋势预测的深度递归信念网络

.....齐波, 王一鸣, 张鹏, 李成榕, 王红斌 (1892)

基于相似矩阵盲源分离与卷积神经网络的局部放电超声信号深度学习模

式识别方法张重远, 岳浩天, 王博闻, 刘云鹏, 罗世豪 (1900)

计及湍流强度的风电功率短期预测黄睿, 杜文娟, 王海风 (1907)

基于深度强化学习的微电网复合储能协调控制方法

.....张自东, 邱才明, 张东霞, 徐舒玮, 贺兴 (1914)

基于时序轨迹特征学习的暂态电压稳定评估

.....朱利鹏, 陆超, 黄河, 刘映尚 (1922)

基于改进 LightGBM 的电力系统暂态稳定评估方法

.....周挺, 杨军, 周强明, 谭本东, 周悦, 徐箭, 孙元章 (1931)

基于误差分解和 Bootstrap 方法的风电功率区间预测

.....张宇献, 郝双, 钱小毅 (1941)

台风灾害下用户停电区域预测及评估

.....侯慧, 耿浩, 肖祥, 黄勇, 吴昊, 李显强, 于士文 (1948)

基于模型自适应选择融合的智能电表故障多分类方法

.....高欣, 刁新平, 刘婧, 张密, 何杨 (1955)

基于模糊神经网络的电能表误差超差风险预测模型金阳忻 (1962)

· 电力市场 ·

售电市场建设发展成效评估国际经验及我国售电市场评估体系

.....薛松, 胡源, 李维, 廖建辉, 张凡, 张晓萱, 马莉 (1969)

基于信息间隙决策理论的多种零售合同模式下售电公司购售电策略

.....唐力, 刘继春, 杨阳方, 周玲 (1978)

可再生能源配额制下跨省区电力交易主体最优决策

.....王辉, 陈波波, 赵文会, 廖昆, 鲍熊剑涛 (1987)

大规模电储热参与调峰辅助双边交易容量及价格区间优化模型

.....孙婧卓, 江全元, 程中林, 罗桓桓, 葛维春 (1995)

新能源并网环境下发电侧微分演化博弈竞价策略

.....彭春华, 钱锟, 闫俊丽 (2002)

基于智能合约的区域能源交易模型与实验测试王德文, 柳智权 (2010)

· 直流输电与直流电网 ·

含常规高压直流输电的电力系统恢复路径优化

.....顾雪平, 杨超, 梁海平, 李少岩, 刘艳, 李新军 (2020)

VSC-HVDC 对 LCC-HVDC 受端系统电压支撑强度的影响

.....夏成军, 王真, 周保荣, 聂金峰, 洪潮 (2031)

多类型子模块 MMC 电磁暂态通用建模和实现方法

.....许建中, 徐义良, 赵禹辰, 赵成勇 (2039)

三相电压型 PWM 整流器建模、控制及稳定性分析	贺诗明, 熊健, 代大一, 王泽, 吕知彼 (2049)
一种新型电感激励换流式高压直流断路器及其仿真研究	孙银山, 苟锐锋, 杨晓平, 任军辉, 封磊 (2058)
双臂架构的混合型直流断路器拓扑结构研究	单任仲, 王世友, 刘闯, 蔡国伟, 姜朋 (2065)

· 高比例可再生能源并网 ·

SVG 与直驱风机间的次同步相互作用特性分析	刘宇明, 黄碧月, 孙海顺, 张艺, 陈雅皓, 于永军 (2072)
风电次同步谐振对主变偏磁的影响机理	曹建春, 项祖涛, 武丹, 燕翠, 王宇红, 曲国权 (2080)
考虑风电和负荷不确定性的灵活阻抗元件规划	王一飞, 王秀丽, 齐世雄, 王帅 (2087)
基于改进 Shapley 值的风电汇聚趋势性分状态量化方法	崔杨, 曲钰, 仲悟之, 吕晨, 孙舶皓, 王铮, 张鹏, 赵钰婷 (2094)
跟踪风电计划偏差的风储系统联合控制策略	李滨, 粟祎敏, 莫新梅, 陈碧云 (2102)
基于 VSG 技术的微电网储能荷电状态控制策略	张福民, 白松, 李占凯, 裴雪辰, 刘颖琪, 马晨阳 (2109)
基于多目标网格自适应搜索算法的储能系统参与 AGC 优化控制策略	路小俊, 伊建伟, 李炎 (2116)
独立微网中虚拟同步发电机的频率自恢复控制策略	张宇华, 赵晓轲, 方艺翔 (2125)
基于自抗扰控制技术的光储微电网无功支撑策略	麦倩屏, 陈鸣 (2132)

· 电力系统 ·

含波动性电源的电力系统运行灵活性评价方法研究	周光东, 周明, 孙黎滢, 郭尊, 谷纪亭, 孙轶恺 (2139)
计及可靠性的日前旋转备用容量评估指标	刘建涛, 朱炳铨, 马经纬, 徐奇峰, 冯树海, 李卫东 (2147)
基于“奖优罚劣”线性变换改进前景理论的电网建设项目多属性投资排序方法	王昭聪, 潘学萍, 马倩 (2154)
基于年时序仿真的增量配电网投资效益评估及敏感性分析	李振坤, 任昱亮, 王法顺, 杨秀, 米阳 (2163)
配电网规划的数字化技术和建模方法—第 24 届国际供电会议研究成果综述	蔡佳铭, 谢宁, 王承民, 范明天 (2171)
基于并行加速 LU 分解改进回路电流法的配电网潮流算法	方睿, 董树锋, 朱炳铨, 徐奇峰, 宋永华 (2179)
混合电力线路高频保护信号衰减计算方法	庞福滨, 崔玉, 吴奕, 刘永, 高海龙 (2187)
基于四阶段预处理与 GBDT 的油浸式变压器故障诊断方法	廖伟涵, 郭创新, 金宇, 龚霄 (2195)
基于核密度估计分类器的变换器故障诊断方法	黄丽梅, 王武, 林琼斌, 蔡逢煌, 陈四雄 (2204)
电动汽车移动式无线充电技术工程化应用研究	刘超群, 魏斌, 吴晓康, 王松岑, 徐锦星 (2211)

· 高电压技术 ·

卷积神经网络在局部放电图像模式识别中的应用	万晓琪, 宋辉, 罗林根, 李喆, 盛戈皞, 江秀臣 (2219)
抑制半波长输电系统工频过电压避雷器的优化配置	易俊, 胡伟, 陈迅, 邱璐, 张子杰, 胡博, 黎灿兵 (2227)

《工程索引》(EI) 收录核心期刊
 2015 和 2017 年度中国“百强报刊”
 中国最具国际影响力学术期刊
 中国百种杰出学术期刊
 中国精品科技期刊
 全国中文核心期刊
 RCCSE 中国权威学术期刊
 《科学文摘》(SA) 收录期刊
 《文摘杂志》(AJ) 收录期刊
 中国科学引文数据库 (CSCD)
 中国期刊方阵双效期刊
 电力行业优秀科技期刊

《电网技术》(月刊)

第 43 卷 第 6 期 (总第 427 期)

主 管: 国家电网有限公司
 主 办: 国家电网有限公司
 编 辑: 中国电科院期刊中心
 《电网技术》编辑部
 出 版: 《电网技术》杂志社有限公司
 主 编: 张文亮
 副主编: 郭剑波 汤 涌
 编辑部副主任: 李兰欣 010-82812543
 广告部经理: 齐 华 010-58386112
 发 行: 闫 颀 010-82812465
 编 辑: 010-82812523/2672/2981/2982
 网上投稿: <http://www.dwjs.com.cn>
 电力系统内部电话: 91862+后四位
 传 真: 010-82812980
 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内
 印 刷: 北京科信印刷有限公司
 北京市昌平区七北路马连店甲 6 号
 总发行: 北京报刊发行局
 国外发行: 中国国际图书贸易总公司
 订 阅: 全国各地邮局
 邮发代号: 国内 82-604 国外 1474M
 中国标准连续出版物号: ISSN 1000-3673
 CN 11-2410/TM
 广告经营许可证号: 京海工商广字第 0168 号

POWER SYSTEM TECHNOLOGY

2019, Vol. 43 No. 6 (Ser. 427)

Contents

• Artificial Intelligence Technology Application in New Generation Power System and Energy Internet •

Overview of Application of Deep Learning With Image Data and Spatio-temporal Data of Power Grid

Zhang Yuhang, Robert. Qiu, Yang Fan, Xu Shuwei, Shi Xin, He Xing (1865)

Reactive Power Optimization of Distribution Network Based on Data Driven and Deep Belief Network

Shao Meiyang, Wu Junyong, Shi Chen, An Ran, Zhu Xiaowen, Huang Xing, Cai Rong (1874)

A Very Short-term Load Forecasting Method Based on Deep LSTM RNN at Zone Level

Zhang Yufan, Ai Qian, Lin Lin, Yuan Shuai, Li Zhaoyu (1884)

Deep Recurrent Belief Network Model for Trend Prediction of Transformer Oil Chromatography Data

Qi Bo, Wang Yiming, Zhang Peng, Li Chengrong, Wang Hongbin (1892)

Pattern Recognition of Partial Discharge Ultrasonic Signal Based on Similar Matrix BSS and Deep Learning CNN

Zhang Zhongyuan, Yue Haotian, Wang Bowen, Liu Yunpeng, Luo Shihao (1900)

Short-term Prediction of Wind Power Considering Turbulence Intensity

Huang Rui, Du Wenjuan, Wang Haifeng (1907)

A Coordinated Control Method for Hybrid Energy Storage System in Microgrid Based on Deep Reinforcement Learning

Zhang Zidong, Qiu Caiming, Zhang Dongxia, Xu Shuwei, He Xing (1914)

Transient Voltage Stability Assessment Based on Sequential Trajectory Feature Learning

Zhu Lipeng, Lu Chao, Huang He, Liu Yingshang (1922)

Power System Transient Stability Assessment Method Based on Modified LightGBM

Zhou Ting, Yang Jun, Zhou Qiangming, Tan Bendong, Zhou Yue, Xu Jian, Sun Yuanzhang (1931)

Interval Prediction of Wind Power Based on Error Decomposition and Bootstrap Method

Zhang Yuxian, Hao Shuang, Qian Xiaoyi (1941)

Research on Prediction and Evaluation of User Power Outage Area Under Typhoon Disaster

Hou Hui, Geng Hao, Xiao Xiang, Huang Yong, Wu Hao, Li Xianqiang, Yu Shiwen (1948)

A Multi-classification Method of Smart Meter Fault Type Based on Model Adaptive Selection Fusion

Gao Xin, Diao Xinping, Liu Jing, Zhang Mi, He Yang (1955)

Electrical Power Meter Error Overproof Calculation Model Based on Fuzzy Neural Network

Jin Yangxin (1962)

• Electricity Market •

International Experience in Construction and Development Evaluation of Electricity Retail Market and China's Electricity Retail Market Evaluation System Design

Xue Song, Hu Yuan, Li Wei, Liao Jianhui, Zhang Fan, Zhang Xiaoxuan, Ma Li (1969)

Study on Strategies of Electricity Procurement and Sale of Power Retailer With Multiple Retail Contract Modes Based on

Information Gap Decision Theory

Tang Li, Liu Jichun, Yang Yangfang, Zhou Ling (1978)

Optimal Decision-making of Trans-provincial Power Transaction Subjects Under Renewable Portfolio Standard

Wang Hui, Chen Bobo, Zhao Wenhui, Liao Kun, Bao Xiongjiantao (1987)

Capacity and Price Range Optimization Model for Large-scale Electric Heat Storage Participating in Auxiliary Peaking Service in Bilateral Transactions

Sun Jingzhuo, Jiang Quanyuan, Cheng Zhonglin, Luo Huanhuan, Ge Weichun (1995)

A Bidding Strategy Based on Differential Evolution Game for Generation Side in Power Grid Integrated With Renewable Energy Resources

Peng Chunhua, Qian Kun, Yan Junli (2002)

Regional Energy Transaction Model and Experimental Test Based on Smart Contract

Wang Dewen, Liu Zhiqian (2010)

• HVDC Transmission & HVDC Grid •

Path Optimization of Power System Restoration With HVDC Transmission

Gu Xueping, Yang Chao, Liang Haiping, Li Shaoyan, Liu Yan, Li Xinjun (2020)

Effects of VSC-HVDC on Receiving-end System Strength of LCC-HVDC

Xia Chengjun, Wang Zhen, Zhou Baorong, Nie Jinfeng, Hong Chao (2031)

Generalized Electromagnetic Transient Equivalent Modeling and Implementation of MMC With Arbitrary Multi-type

Submodule Structures

Xu Jianzhong, Xu Yiliang, Zhao Yuchen, Zhao Chengyong (2039)

Modeling, Control and Stability Analysis of Three-phase Voltage Source PWM Rectifier

He Shiming, Xiong Jian, Dai Dayi, Wang Ze, Lü Zhibi (2049)

Research on A Kind of High Voltage DC Circuit Breaker Based on Novel Inductance Drive Commutation and Its Simulation

Sun Yinshan, Gou Ruifeng, Yang Xiaoping, Ren Junhui, Feng Lei (2058)

Research on Topology Structure of Double-bridge Hybrid DC Breaker

Shan Renzhong, Wang Shiyou, Liu Chuang, Cai Guowei, Jiang Peng (2065)

• High Share of Renewable Energy Integration •

- Study on Subsynchronous Interaction Between D-PMSG-based Wind Turbines and SVG** Liu Yuming, Huang Biyue, Sun Haishun, Zhang Yi, Chen Yahao, Yu Yongjun (2072)
- Influence Mechanism of Wind Farm Subsynchronous Resonance on Magnetic Bias of Transformer** Cao Jianchun, Xiang Zutao, Wu Dan, Yan Hui, Wang Yuhong, Qu Guoquan (2080)
- Flexible Impedance Device Planning Considering Wind Power and Load Uncertainty** Wang Yifei, Wang Xiuli, Qi Shixiong, Wang Shuai (2087)
- Research on Sub-state Quantization Method of Wind Convergence Trend Based on Improved Shapley Value** Cui Yang, Qu Yu, Zhong Wuzhi, Lü Chen, Sun Bohao, Wang Zheng, Zhang Peng, Zhao Yuting (2094)
- Control Strategy of Hybrid Wind-ES Power System for Tracking Wind Power Planning Deviation** Li Bin, Su Yimin, Mo Xinmei, Chen Biyun (2102)
- Control Strategy for Microgrid Storage System's State of Charge Based on Virtual Synchronous Generator** Zhang Fumin, Bai Song, Li Zhankai, Pei Xuechen, Liu Yingqi, Ma Chenyang (2109)
- Optimal Control Strategy of AGC With Participation of Energy Storage System Based on Multi-objective Mesh Adaptive Direct Search Algorithm** Lu Xiaojun, Yi Jianwei, Li Yan (2116)
- Research on Frequency Self-recovery Control for Virtual Synchronous Generator in Island Microgrid** Zhang Yuhua, Zhao Xiaoke, Fang Yixiang (2125)
- Reactive Power Support Strategy of Photovoltaic/battery Microgrid Based on ADRC** Mai Qianping, Chen Ming (2132)

• Power System •

- Research on Operational Flexibility Evaluation Approach of Power System With Variable Sources** Zhou Guangdong, Zhou Ming, Sun Liying, Guo Zun, Gu Jiting, Sun Yikai (2139)
- Study on Evaluation Indexes of Spinning Reserve Capacity Considering Reliability in Day-ahead Schedule** Liu Jiantao, Zhu Bingquan, Ma Jingwei, Xu Qifeng, Feng Shuhai, Li Weidong (2147)
- Multi-attribute Investment Ranking Method for Power Grid Project Construction Based on Improved Prospect Theory of “Rewarding Good and Punishing Bad” Linear Transformation** Wang Zhaocong, Pan Xueping, Ma Qian (2154)
- Investment Benefit Evaluation and Sensitivity Analysis of Incremental Distribution Network Based on Annual Time Series Simulation** Li Zhenkun, Ren Yuliang, Wang Fashun, Yang Xiu, Mi Yang (2163)
- Digitalized Techniques and Modeling Methodologies for Distribution Network Planning - Review of CIRED 2017 on Power Distribution System Planning** Cai Jiaming, Xie Ning, Wang Chengmin, Fan Mingtian (2171)
- Improved Loop-current-method Power Flow Algorithm for Distribution Network Based on Accelerated Parallel LU Decomposition** Fang Rui, Dong Shufeng, Zhu Bingquan, Xu Qifeng, Song Yonghua (2179)
- A Signal Attenuation Calculation Method of High Frequency Protection for Hybrid Power Lines** Pang Fubin, Cui Yu, Wu Yi, Liu Yong, Gao Hailong (2187)
- Oil-immersed Transformer Fault Diagnosis Method Based on Four-stage Preprocessing and GBDT** Liao Weihan, Guo Chuangxin, Jin Yu, Gong Xiao (2195)
- Fault Diagnosis Method of Converter Based on Kernel Density Estimation Classifier** Huang Limei, Wang Wu, Lin Qiongbin, Cai Fenghuang, Chen Sixiong (2204)
- Engineering Application of Dynamic Wireless Charging Technology for Electric Vehicles** Liu Chaoqun, Wei Bin, Wu Xiaokang, Wang Songcen, Xu Jinxing (2211)

• High Voltages •

- Application of Convolutional Neural Networks in Pattern Recognition of Partial Discharge Image** Wan Xiaoqi, Song Hui, Luo Lingen, Li Zhe, Sheng Gehao, Jiang Xiuchen (2219)
- Optimal Configuration of Arresters for Suppressing Power Frequency Overvoltage in Half-wavelength Transmission System** Yi Jun, Hu Wei, Chen Xun, Qiu Lu, Zhang Zijie, Hu Bo, Li Canbing (2227)
-

Sponsor: State Grid Corporation of China

In Cooperation with: China Electric Power Research Institute (CEPRI)

Chairman of Editorial Committee: Liu Zhenya

Editor-in-Chief: Zhang Wenliang

Editor and Publisher: Power System Technology Press

Associate Director of Editorial Board: Li Lanxin

Publication Number: ISSN 1000-3673

CODEN: DIJIES **Devey#:** 621.31

Address: China Electric Power Research Institute, Qinghe, Beijing 100192, China

Tel/Fax: 86-10-82812980

E-mail: pst@epri.sgcc.com.cn <http://www.dwjs.com.cn>

Agent of Subscriptions Abroad: China International Book Trading Corporation (GUOJISHUDIAN) P.O.Box 399, Beijing, China