

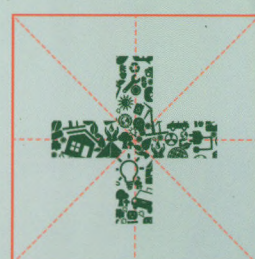


电力自动化设备

Electric Power Automation Equipment

中文核心期刊 《工程索引》(EI)核心期刊 中国科学引文数据库(CSCD)、英国《科学文摘》(SA, INSPEC)、俄罗斯《文摘杂志》(AJ)、美国《剑桥科学文摘》(CSA) 收录期刊

本期为



Smart Grid Plus

专辑

“智能电网+” (Smart Grid Plus) 的涵义是借助人工智能 (AI) 技术实现智能电网的升级版, 使电网具有更高级、更深层的人工智能, 从而进一步提升电网运行的安全性、经济性、可持续性。本期专辑汇集了智能发电、智能输电、智能配用电等“智能电网+”领域的相关研究成果, 为新形势下智能电网走向更高层次的深度智能提供有益的思考和启发。



ISSN 1006-6047



05

南京电力自动化研究所有限公司
国电南京自动化股份有限公司

主办

2018 5
第38卷 第5期
Vol.38 No.5



9 771006 604189
万方数据

电力自动化设备

DIANLI ZIDONGHUA SHEBEI

(月刊,1973年创刊)



“智能电网+”专辑

- 1 特约主编寄语 鞠平,秦川
- 2 “智能电网+”研究综述 鞠平,周孝信,陈维江,等

智能发电

- 12 基于深度Q学习的强鲁棒性智能发电控制器设计 殷林飞,余涛
- 20 改进的光热复合压缩空气储能系统设计方案及其仿真分析 陈晓强,王国华,司杨,等
- 27 基于EEMD和LS-SVM模型的风电功率短期预测方法 程启明,陈路,程尹曼,等
- 36 基于深度门控循环单元神经网络的短期风功率预测模型 牛哲文,余泽远,李波,等

- 43 基于改进深度受限玻尔兹曼机算法的光伏发电短期功率概率预测 王继东,冉冉,宋智林
- 50 考虑气象因素的短期光伏出力预测的奇异谱分析方法 黎静华,赖昌伟
- 58 基于风-浪和灰色模型的波浪能发电系统输出功率短期预测 周能萍,吴峰

智能输电

- 64 基于深度学习的暂态稳定评估与严重程度分级 尹雪燕,闫炯程,刘玉田,等
- 70 基于随机矩阵理论的交流输电通道线损大数据关联特性分析 王奇,庄远灿,阎帅,等
- 77 考虑市场力风险约束的最优AGC控制模型 赵万宗,韦化,韦昌福,等
- 83 具有增量学习能力的智能孤岛检测方法 张沛超,陈琪蕾,李仲青,等
- 90 电网运行风险在线评估中基于灵敏度分析的负荷削减模型 张哲,杨航,尹项根,等
- 96 基于智能多代理系统的VSC-MTDC系统分布式控制策略 余冯建,李勇,王炜宇,等
- 103 基于变点探测的功率振荡数据挖掘 余一平,孙卫娟,张浩,等



5月
2018年
第38卷第5期
(总第289期)
2018年5月10日出版

编辑委员会

主任委员 王宏志

副主任委员 张东晓 周顺宏 胡红升 王凤蛟
经海林

名誉编委 (按姓氏笔画排序)

王维俭 王锡凡 卢强 史世文 严璋
杨以涵 杨奇逊 吴青华 吴复立 余贻鑫
辛耀中 宋永华 宋璇坤 张丽英 张伯明
陈陈 陈德树 罗安 周有庆 周孝信
洪佩孙 贺家李 钱清泉 徐文远 韩英铎
韩祯祥 程时杰 舒印彪

编委 (按姓氏笔画排序)

丁明 于继来 卫志农 王成山 王守相
王克文 王增平 韦化 文劲宇 文福拴
尹项根 艾芊 艾欣 卢志刚 朱守真
刘天琪 刘玉田 刘向杰 刘明波 刘俊勇
刘宪林 刘健 江全元 孙元章 孙宏斌
毕天姝 阮新波 严干贵 严正 李生虎
李永丽 李庚银 李斌 束洪春 别朝红
何正友 闵勇 张尧 张兴 张波
张保会 张道农 陆于平 陈星莺 陈维荣
陈皓勇 邵能灵 林中达 林湘宁 和敬涵
周浩 周维维 赵争鸣 赵建国 赵剑锋
赵晋泉 胡家兵 胡敏强 段献忠 袁越
贾宏杰 夏清 徐丙垠 徐政 徐殿国
高仕斌 高厚磊 郭效军 唐炬 涂春鸣
黄学良 曹一家 康重庆 康勇 董新洲
程浩忠 曾祥君 曾嵘 谢少军 蔡泽祥
廖瑞金 颜汉荣 薄志谦 穆钢 鞠平

主编 郭效军

万方数据

国家科委(90)国科发情字796号文批准

- 110 面向智能电网大数据关联规则挖掘的频繁模式网络模型
孙丰杰,王承民,谢 宁
- 117 基于多维结构熵的智能电网信息管理系统复杂性评估
莫一夫,叶琳浩,张勇军
- 123 基于卷积神经网络的高压电缆局部放电模式识别
杨 帆,王干军,彭小圣,等
- 129 基于贝叶斯正则化深度信念网络的电力变压器故障诊断方法
王德文,雷 倩
- 136 基于卷积神经网络算法的高压断路器故障诊断
黄新波,胡潇文,朱永灿,等
- 141 基于 KELM-VPMCD 方法的未知局部放电类型的模式识别
高佳程,曹雁庆,朱永利,等

▶▶ 智能配用电

- 148 基于数据挖掘的配电网故障风险预警 刘科研,吴心忠,石 琛,等
- 154 智能用电技术背景下的配电网运行规划研究综述
叶琳浩,刘泽槐,张勇军,等
- 164 基于量子遗传双稳态系统的配电网故障选线方法
高 杰,程启明,程尹曼,等
- 171 基于双储能系统的主动配电网储能配置 凌开元,赵乐冰,张新松,等
- 177 计及用户电价响应的微网和配电网联合调度运行模型
张 涛,章佳莹,王凌云,等
- 184 基于模型预测控制的微电网多时间尺度需求响应资源优化调度
肖 斐,艾 芊
- 191 区块链技术下局域多微电网市场竞争博弈模型及求解算法
马天男,彭丽霖,杜 英,等
- 204 低压微网逆变器自适应谐波下垂控制策略 黄骏超,曾 江,杨 林,等
- 211 考虑电动汽车集群储能能力和风电接入的平抑控制策略
王明深,穆云飞,贾宏杰,等
- 220 基于关联分析及堆栈自编码器的气象敏感负荷功率估算方法
陈彦翔,秦 川,鞠 平,等
- 227 中央空调负荷直接控制策略及其可调度潜力评估
朱宇超,王建学,曹晓宇
- 235 基于改进鸡群算法的非侵入式负荷监测 刘兴杰,曹美晗,许月娟
- 241 复杂电网电能质量知识云评价服务模型与方法 阴艳超,吴仁杰,常斌磊

广告发布登记通知书编号:广登 32010000032

第三届全国期刊奖提名奖获奖期刊
中国国际影响力优秀学术期刊
中文核心期刊
《工程索引》(EI) 核心期刊
中国科学引文数据库 (CSCD) 收录期刊
中国科技核心期刊
RCCSE 中国权威学术期刊
英国《科学文摘》(SA, INSPEC) 收录期刊
美国《剑桥科学文摘》(CSA) 收录期刊
俄罗斯《文摘杂志》(AJ, VINITI) 收录期刊
美国《乌利希期刊指南》(UPD) 收录期刊
荷兰《文摘与引文数据库》(Scopus) 来源期刊
第四届华东地区优秀期刊
中国电力报刊协会优秀期刊

EPAE 电力自动化设备杂志社
EPAE Periodical Press

主管单位 中国华电集团有限公司
主办单位 南京电力自动化研究所有限公司
国电南京自动化股份有限公司
编辑出版 电力自动化设备杂志社
地 址 南京高新技术产业开发区星火路 8 号
邮政编码 210032
社 长 康鲁豫
编辑部主任 李育燕
编辑部副主任 李 莉、李 玲
广告部主管 张芳芳
发行部主管 于娜娜
本期栏目标筹 李 莉
美 术 编 辑 卞金晶
电 话 (025)51859278(社长室)
(025)83537347,51859279(编辑部)
(025)83537349(广告部)
(025)51859280(发行及读者服务部)
(025)51183898(平面设计部)
传 真 (025)83537349
网 址 www.epae.cn
电子信箱 epae@sac-china.com
发行范围 国内外公开发刊
印 刷 中闻集团南京印务有限公司
国内发行 江苏省邮政局
邮发代号 28-268
订 阅 处 全国各地邮局
国内定价 每期 35.00 元,全年 420.00 元
海外发行 中国国际图书贸易集团有限公司
(100048)
海外发行代号 MO-4802
中国标准连续出版物号 ISSN 1006-6047
CN 32-1318/TM
国际刊名代码 (CODEN) DZSHFK



关注微信



访问官网

Electric Power Automation Equipment(EPAE)

Vol.38 No.5(Sum No.289)

May 2018

CONTENTS

Special Issue: Smart Grid Plus

- 11 “Smart Grid Plus” research overview *JU Ping, ZHOU Xiaoxin, CHEN Weijiang, et al.*

SMART POWER GENERATION

- 19 Design of strong robust smart generation controller based on deep Q learning *YIN Linfei, YU Tao*
26 Improved design scheme of solar thermal compressed air energy storage system and its simulation analysis
CHEN Xiaotao, WANG Guohua, SI Yang, et al.
35 Short-term wind power forecasting method based on EEMD and LS-SVM model
CHENG Qiming, CHEN Lu, CHENG Yinman, et al.
42 Short-term wind power forecasting model based on deep gated recurrent unit neural network
NIU Zhewen, YU Zeyuan, LI Bo, et al.
49 Probability forecast of short-term photovoltaic power generation based on improved depth restricted Boltzmann machine algorithm
WANG Jidong, RAN Ran, SONG Zhilin
76 Singular spectrum analysis method for short-term photovoltaic output prediction considering meteorological factors
LI Jinghua, LAI Changwei
63 Wind-wave and grey model based short-term output power prediction of wave energy generation system
ZHOU Nengping, WU Feng

SMART POWER TRANSMISSION

- 69 Deep learning based transient stability assessment and severity grading *YIN Xueyan, YAN Jiongcheng, LIU Yutian, et al.*
76 Relevance characteristic analysis of line loss big data in AC and DC transmission channels based on random matrix theory
WANG Qi, ZHUANG Yuancan, YAN Shuai, et al.
109 Optimal AGC model with risk constraints of market power *ZHAO Wanzong, WEI Hua, WEI Changfu, et al.*
89 Intelligent islanding detection method with incremental learning capability *ZHANG Peichao, CHEN Qilei, LI Zhongqing, et al.*
95 Load shedding model based on sensitivity analysis in on-line power system operation risk assessment
ZHANG Zhe, YANG Hang, YIN Xianggen, et al.
102 Distributed control strategy of VSC-MTDC system based on multi-agent system *SHE Fengjian, LI Yong, WANG Weiyu, et al.*
109 Data mining of power oscillation based on change-point detection *YU Yiping, SUN Weijuan, ZHANG Hao, et al.*
116 Frequent pattern network model for association rule mining of big data in smart grid *SUN Fengjie, WANG Chengmin, XIE Ning*
122 Complexity evaluation of smart grid information management system based on multi-dimensional structure entropy
MO Yifu, YE Linhao, ZHANG Yongjun
128 Partial discharge pattern recognition of high-voltage cables based on convolutional neural network
YANG Fan, WANG Ganjun, PENG Xiaosheng, et al.
135 Fault diagnosis of power transformer based on BR-DBN *WANG Dewen, LEI Qian*
147 Fault diagnosis of high-voltage circuit breaker based on convolution neural network
HUANG Xinbo, HU Xiaowen, ZHU Yongcan, et al.
147 Pattern recognition of unknown PD types based on KELM-VPMCD *GAO Jiacheng, CAO Yanqing, ZHU Yongli, et al.*

SMART POWER DISTRIBUTION AND CONSUMPTION

- 153 Fault risk early warning of distribution network based on data mining *LIU Keyan, WU Xinzong, SHI Chen, et al.*

Competent Authorities China Huadian Corporation Ltd.

Sponsor Nanjing Electric Power Automation Research Institute Co., Ltd.
Guodian Nanjing Automation Co., Ltd.

Chairman WANG Hongzhi

Editor in Chief GUO Xiaojun

Web Site www.epae.cn

Publication Number ISSN 1006-6047

Editor and Publisher Electric Power Automation Equipment Press
Add 8 Xinghuo Road, Pukou District, Nanjing, China

Post Code 210032

Tel 86-25-51859278, 83537347, 83537349 (**Fax**)

E-mail epae@sac-china.com

- 163 Review on operation and planning of distribution network in background of smart power utilization technology
YE Linhao, LIU Zehuai, ZHANG Yongjun, et al.
- 203 Faulty line selection method based on quantum genetic bistable system for distribution network
GAO Jie, CHENG Qiming, CHENG Yinman, et al.
- 176 Storage allocation of active distribution network based on double-storage system
LING Kaiyuan, ZHAO Lebing, ZHANG Xinsong, et al.
- 183 Joint dispatch operation model of microgrid and distribution network considering user response to electricity price
ZHANG Tao, ZHANG Jiaying, WANG Lingyun, et al.
- 190 Multiple time-scale optimal dispatch of demand response resource for microgrid based on model predictive control
XIAO Fei, AI Qian
- 203 Competition game model for local multi-microgrid market based on block chain technology and its solution algorithm
MA Tiannan, PENG Lilin, DU Ying, et al.
- 226 Adaptive harmonic droop control strategy of low-voltage microgrid inverter
HUANG Junchi, ZENG Jiang, YANG Lin, et al.
- 219 Smoothing control strategy considering energy storage capability of electric vehicle aggregators and wind power integration
WANG Mingshen, MU Yunfei, JIA Hongjie, et al.
- 226 Estimation method of meteorological sensitive load power based on correlation analysis and stacked auto-encoder
CHEN Yanxiang, QIN Chuan, JU Ping, et al.
- 234 Direct control strategy of central air-conditioning load and its schedulable potential evaluation
ZHU Yuchao, WANG Jianxue, CAO Xiaoyu
- 240 Non-intrusive load monitoring based on improved chicken swarm optimization algorithm
LIU Xingjie, CAO Meihan, XU Yuejuan
- 247 Knowledge cloud evaluation service model and method for power quality of complex power grid
YIN Yanchao, WU Renjie, CHANG Binlei





全方位助力品牌宣传

2018年《电力自动化设备》广告火热征订中

纸刊广告

官网宣传

微信推广

《电力自动化设备》杂志社广告业务部将借助三位一体的宣传平台（纸刊、网站 www.epae.cn、微信平台 EPAE-1973），以更立体的宣传模式，致力于搭建科学传播与企业形象塑造的虹桥，为广大电力企业提供专业、全面的宣传方案，介绍产品，助力企业品牌塑造！

《电力自动化设备》杂志社

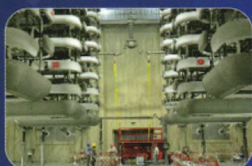
地址：南京高新技术产业开发区星火路8号
网址：www.epae.cn 邮箱：fangfang-zhang@sac-china.com
联系人：张芳芳、于娜娜 电话：025-83537349、51859280



博电电气

**智能电气检测服务提供商
助力全球能源互联互通**

特高压电网



【特/超高压换流站
电气设备检测】

清洁替代



【新能源/微网/储能
电气设备检测】

智能电网



【智能变电站电气设备检测】

电能替代



【电动汽车与充电设施检测】

博电能源互联网创新园
PONOVO ENERGY INTERCONNECTION INNOPARK

2015年，博电能源互联网创新园被北京经济技术开发区管委会授牌为特色产业园。园区将发展成以智能电网、电动汽车及充电桩、分布式发电、云计算、大数据等关键技术为基础的创新、创业基地，助推国家能源互联网的快速发展。

北京博电新力电气股份有限公司

北京博电新力电气股份有限公司——电力系统检测方案解决商，电气试验及检测、监测设备制造商，新能源、能源互联网电气试验及检测服务提供商。

北京博电2001年注册成立，2011年改制成为现代股份制企业，总部坐落于中关村高科技产业园区，是“国家火炬计划重点高新技术企业”。

北京博电现已发展成为中国电力检测、监测、仿真设备制造领域的龙头企业。公司检测产品范围涵盖智能电网检测（新能源及微网、特高压、智能变电站、智能配电网）、电气化交通检测（电动汽车、轨道交通）、工业电气检测（航空、航天、石化、冶金、煤炭、船舶、国防、军工）、智能用电检测（储能设备、智能电表）等方面。

欲了解产品详情，敬请致电博电总部或各地派出机构

24小时技术服务热线：**400-680-0650** 电话：010-58526100

地址：北京市北京经济技术开发区经海三路139号 100176

内蒙古东、辽宁：024-31314420/31328422 浙江、福建：0571-88867519/0591-62700989

广东、海南：020-38105422 江苏、安徽：025-83344651

西藏、四川、云南：028-85257761/6057 重庆：023-68625013

贵州、广西：0771-5618014 山东：0531-87923775

湖南、湖北、江西：027-59521918/1919 黑龙江、吉林：0451-87535873

河北南、河南、山西：0371-67170077/0078 新疆：0991-6871822

内蒙古西、陕西、甘肃、宁夏、青海：029-89379801 北京、天津、河北北：010-51926050

上海：021-62036771

南京技术服务部：025-83344652/4653

<http://www.ponovo.cn>



*扫一扫*关注北京博电微信公众平台