



电工技术 官方微信

主管单位：重庆西南信息有限公司  
(原科技部西南信息中心)  
主办单位：重庆西南信息有限公司  
重庆市电机工程学会  
编辑出版：《电工技术》编辑部  
协办单位：重庆市电源学会  
社长：陈伟  
总编：徐书令

编委会(按姓氏拼音排列)

主编：

谢开贵

委员：

白锐 曹永兴 陈艳波 程杉  
董张卓 杜雄 房兆源 郭成  
郝占军 何山 侯兴哲 汲胜昌  
贾科 李辉 李勇 李振华  
李志军 刘健 吕干云 梅生伟  
朴昌浩 齐波 谭向宇 唐震  
王志新 魏钢 杨博 杨国华  
杨仕友 张晓星 张志劲 郑涛  
曾宇

执行委员：

安小宇 陈民武 邓军 樊启高  
郝建 李军徽 李永福 李元  
凌志斌 刘铖 刘刚 刘继权  
刘小康 马红波 马志钦 彭庆军  
陶果 汪可 王洪彬 王少华  
王小宇 谢旭琛 熊连松 杨海马  
杨涛 伊力哈木·亚尔买买提  
由佳欣 张施令 张懿议 朱孟兆

执行主编：何欣 (023)67039610

编辑部主任：陈胜 (023)67039613

编辑部：(023)63502993

E-mail: diangong@chinaet.net

市场部：(023)67039610

E-mail: matrevhx@sina.com

发行部：(023)63501714

地址：重庆市渝北区洪湖西路18号

邮编：401121

网址：www.chinaet.net

印刷：重庆紫石东南印务有限公司

发行：重庆市邮政局(国内外公开发行)

订阅：全国各地邮局

邮发代码：78-61

每期定价：30.00元 \$5.00

国际标准连续出版物号：ISSN 1002-1388

国内统一连续出版物号：CN 50-1072/TM

广告经营许可证：(渝新两江)广准字(19)第007号

版权所有 不得转载

本刊常年法律顾问：重庆百君律师事务所 刘凡强

律师办公电话：(023)67621818

地址：重庆市渝北区洪湖东路财富大道2号财富A座7楼

凡发表在本刊的文章，若没有特殊声明，均视作者同意将信息网络传播权及转授权授予本刊

如有质量问题，请与重庆紫石东南印务有限公司联系退换

地址：重庆市北碚区蔡家岗镇嘉德大道99号(盈田·蔡家工谷27-2)

邮编：400707

# EE 电力电气 电工技术

DIAN GONG JI SHU

半月刊 1980年创刊

2023/21期(总第603期) 2023年11月10日出版

## 目次

### 专栏 人工智能、大数据与能源电力系统的深度融合

特邀编审 杨海马副教授(上海理工大学) 王凯民副教授(上海理工大学)  
涂建坤教授级高工(上海电缆研究所有限公司)

- 1 改进差分进化算法在电力系统最优潮流计算中的应用\* 孙江 任家智
- 5 火电机组汽轮机系统数字孪生模型研究 吴崛起 赵洪岗 安凤栓
- 11 基于时段细分训练时序网络组的超短期负荷预测\* 张晓虎 蒋洪燕
- 15 基于MA-LSTM的短期负荷预测方法\* 尹辉彦 常勇 杨海兰 等
- 20 基于SylixOS的励磁系统智能化数据管理单元的研制\* 朱文昌 易理 金焱 等
- 23 基于TSO-VMD算法的电压暂降特征提取研究\* 杨发宇 何觅 代剑波 等
- 28 配网生产运行数据统计分析平台研究及应用 何思远
- 30 基于改进YOLO的绝缘子缺陷检测算法\* 窦雷雨 尹向雷 艾恪帆 等
- 36 基于改进海鸥算法的新能源接入配电网继电保护定值优化方法 徐宇 杨鹏杰 李磊
- 42 基于多源异构数据融合的变电站风险评估研究 陈肖 方学智 肖建华 等
- 45 基于深度学习的安全帽识别在海上油田智能化中应用 邓增利 吴南旭 鲁小琴
- 49 基于时域卷积网络和分位数回归的短期风电功率概率预测 邓宇文
- 54 基于改进YOLOv5s的输电线路异物检测\* 许永华 唐鹤卿 肖仲平

### 理论研究

- 58 基于Transformer技术改进的YOLOV5鸟巢识别算法研究 缪苗 袁峰 邹明翰 等
- 63 “可再生能源+抽蓄”消纳模式经济性分析 徐标 刘天慧 季时宇 等
- 65 基于改进希尔伯特-黄变换的电缆接地故障定位研究\* 罗威 陈芳 魏存良 等
- 69 CLLC谐振变换器简化最优轨迹控制研究 陈孟帆 茹超超 黄文卿 等
- 74 PSD-BPA程序电网在线模型自动转换技术研究 王植 吕凯 郭力
- 77 电力系统暂态稳定预防控制研究现状 梁鹏勋 王炫 陈圣博 等
- 80 考虑集合经验模态分解的风电储能系统能源管理协调控制方法 赵福增
- 84 多电平逆变器新型空间矢量调制算法 朱玉振 谢永强
- 88 基于MATLAB的10 kV配电网单相断线故障分析模型构建及仿真验证分析 孙奉杰 王肖亚 谢志平
- 91 双闭环控制的改进二次型Boost变换器及稳定性分析 陈佳彤 马瑶
- 97 基于S变换与特征优选的电能质量扰动识别\* 朱勇 陶用伟 李泽群

- 101 基于改进支持向量机的电力物联网入侵检测方法  
 104 基于在线随机张量分解的探地雷达杂波抑制方法  
 108 三维集成电路中TTSV热仿真分析\*  
 111 一种基于FPGA的PMU测量单元的设计  
 113 稀土电解电源LLC谐振变换器的研究  
 119 线性电路的微分算子分析解算法  
 130 一种基于忆阻的退化Jerk系统的混沌动力学分析  
 134 受端交直流互馈特性的电网电压失稳机理分析

张恩 黄永腾 江泽 等  
 吕奥博 张志强 胡哲豪 等  
 伍敏君  
 臧佳 田凯 曹冰  
 许志巍 王新春  
 朱明 朱嘉慧  
 向波  
 陈玥如

## 输配电工程

- 137 10 kV城区配电网弧光接地故障影响因素分析  
 139 电缆中间接头温度场特性研究  
 143 基于粒子群算法的电力电缆排管敷设长度优化设计  
 146 10 kV配电线路故障的智慧化抢修方案  
 150 基于PSCAD的自耦变空载投运谐振过电压仿真分析  
 152 不停电配电线路保护装置更换方法研究  
 154 输电线路预制微型桩基础应用研究  
 157 基于态势感知的变电站站用电节能关键技术研究  
 161 500 kV海某线典型隐患分析及治理  
 164 智能配电网安全态势感知系统构建与评估

袁昕 王鹏朝 孟宪珍 等  
 闫先国 王静芝 林莉 等  
 杨旭辉 负宇婷  
 董庆峰  
 石小帅 顾智广 仲昭峰 等  
 王帅 邹亚 张腾  
 张江 张传义 郑青松 等  
 马赛  
 王宝成 王宇迪  
 安瑞

## 电气设备

- 167 10 kV配电线路的继电保护配置优化与整定计算  
 170 316L不锈钢循环水泵内护管断裂原因分析  
 173 断路器共铁芯叠装双绕组分闸线圈防拒动隐患分析研究  
 176 变压器差动保护误动行为分析及改进  
 179 核电厂应急柴油发电机的继电保护分析  
 182 变压器油中溶解甲烷实时监测系统设计  
 186 核电站通风系统风管清理机器人功能设计要点分析研究  
 190 某82 MW空冷汽轮发电机转子槽底垫条移位故障原因分析及处理  
 194 油中溶解气体分析在变压器故障判断中的应用  
 197 一起变压器平衡绕组短路故障分析  
 199 主变散热片主动喷淋系统研究及应用  
 202 基于滑模控制的球磨机用永磁直驱电机容错控制  
 207 起重机用外转子永磁电机的设计与温升实验

郎津  
 王爽 白汉宽 刘海生  
 蓝翔威 曾令诚 林悦德 等  
 苏小雷 林超 王薛冬 等  
 黄晨辉  
 曹旺 万元 李橙橙 等  
 魏传胜 张金富 翟连付 等  
 侯中峰 王晖 茹芬 等  
 彭岳  
 李慧勇 张伟  
 王志春 张俊康 王辉煌 等  
 吴鹏 厉伟  
 张阔 程祥

## 高压与绝缘技术

- 210 220 kV沿海线路复合绝缘子异常发热问题原因分析  
 214 高压输电线路CT取能电源性能分析与优化\*  
 219 基于带电检测的110 kV金属氧化物避雷器内部绝缘劣化缺陷分析  
 222 外部防雷系统在建筑物防雷措施中的应用研究  
 225 青藏柔性直流输电系统控制策略仿真研究\*

文龙 李特 赵浩然 等  
 何柏娜 孟凡涛 荣博 等  
 陈博栋 刘康 陈乾栋 等  
 叶飞 许轶 蔡承翰  
 顾娟 李朝霞 荆刘攀 等

## 智能信通技术

- 233 基于Sqlite数据库的网络远程操作安全性研究与应用  
 237 LoRa通信在工业电压暂降背景下的应用  
 240 基于信息融合的电网运行风险态势感知技术应用研究  
 243 基于LAN的数字变电站时间同步误差研究

李瑞山 包芳 闫文敬 等  
 赵金鑫 熊小锋  
 周子翼  
 冯雪 王师

# ELECTRIC ENGINEERING

(Electric Power) No.21

## CONTENTS

### Deep Integration of Artificial Intelligence, Big Data and Energy and Power System

1	Application of Modified Differential Algorithm in Calculation of Optimal Power Flow in Power System*	SUN Jiang REN Jiazhi
5	Study on Digital Twin Model of Steam Turbine Systems of Thermal Power Units	WU Jueqi ZHAO Honggang AN Fengshuan
11	Ultra-short-term Load Prediction Based on Time-interval-differential Training of Time Series Neural Network Groups*	ZHANG Xiaohu JIANG Hongbiao
15	MA-LSTM-based Method of Predicting Short-term Load*	YIN Huiyan CHANG Yong YANG Hailan et al
20	Development of SylixOS-based Intelligent Data Management Module for Excitation System*	ZHU Wenchang YI Li JIN Yao et al
23	Study on TSO-VMD Algorithm-based Feature Extraction of Voltage Sags*	YANG Fayu HE Mi DAI Jianbo et al
28	Research and Application of Distribution Network Production and Operation Data Statistics and Analysis Platform	HE Siyuan
30	Improved YOLO-based Insulator Defect Detection Method*	DOU Leiyu YIN Xianglei AI Kefan et al
36	Modified Seagull Algorithm-based Method of Optimizing Parameters of Relay Protection of Distribution Network Integrating with New Energy Sources	XU Yu YANG Pengjie LI Lei
42	Study on State Evaluation of Substation Based on Multi-source Heterogeneous Data Fusion	CHEN Xiao FANG Xuezhai XIAO Jianhua et al
45	Application of Helmet Recognition Based on Deep Learning in Intelligent Safety Monitoring of Offshore Platforms	DENG Zengli WU Nanxu LU Xiaoqin
49	Probabilistic Power Prediction of Short-Term Wind Generation Based on Temporal Convolutional Network and Quantile Regression	DENG Yuwen
54	Improved YOLOv5s-based Detection of Foreign Objects in Transmission Lines*	XU Yonghua TANG Heqing XIAO Shenping

### Theoretical Research

58	Study on Modifying Yolov5 Algorithm for Bird Nest Recognition Based on Transformer Technology	MIAO Miao YUAN Feng ZOU Minghan et al
63	Economic Analysis of Consumption and Absorption Mode of "Renewable Energy + Pumped Storage"	XU Li LIU Tianhui JI Shiyu et al
65	Study on Cable Grounding Faults Location Based on Modified Hilbert-Huang Transform*	LUO Wei CHEN Fang WEI Cunliang et al
69	Research on CLLC Optimal Trajectory Control	CHEN Mengfan RU Chaochao HUANG Wenqing et al
74	Study on Automatic Transformation Technology of Power Grid Online Model Based on PSD-BPA Program	WANG Zhen LV Kai GUO Li
77	Research Status of Preventive Control of Transient Stability of Power Systems	LIANG Pengxun WANG Xuan CHEN Shengbo et al
80	A Coordinated Control Method for Energy Management of Wind Power Storage Systems Considering Set Empirical Mode Decomposition	ZHAO Fuzeng
84	A Novel SVM Algorithm for Multilevel Inverter	ZHU Yuzhen XIE Yongqiang
88	MATLAB-based Modeling and Simulative Analysis of Single-phase Line-breaking Fault Encountered by 10 kV Distribution Network	SUN Fengjie WANG Xiaoya XIE Zhiping
91	Improved Quadratic Boost Converter with Double Closed Loop Control and Its Stability Analysis	CHEN Jiatong MA Yao
97	Classification of Power Quality Disturbance Utilizing S-transform and Optimal Feature Selection*	ZHU Yong TAO Yongwei LI Zequn
101	Intrusion Detection Method for Power Internet of Things Based on Modified Support Vector Machine	ZHANG En HUANG Yongteng JIANG Ze et al
104	GPR Clutter Suppression by Online Stochastic Tensor Decomposition	LV Aobo ZHANG Zhiqiang HU Zhehao et al
108	Thermal Simulation Analysis of TTSV in Three-dimensional Integrated Circuits*	WU Minjun
111	Design of FPGA-based Phasor Measurement Unit	ZANG Jia TIAN Kai CAO Bing
113	Study of LLC Resonant Converter for Rare Earth Electrolysis Power	XU Zhiwei WANG Xinchun
119	Differential Operator Analysis and Solution Method of Linear Circuits	ZHU Ming ZHU Jiahui
130	Chaotic Dynamics Analysis of a Degenerate Jerk System Based on Memristor	XIANG Bo

134 Analysis of Voltage Instability Mechanism of Power Grid ..... CHEN Yueru

## Power Transmission and Distribution Engineering

- 137 Analysis of Influencing Factors of Arc Grounding Fault in 10 kV Urban Distribution Network ..... YUAN Xin WANG Pengchao MENG Xianzhen et al
- 139 Study on Temperature Field Characteristics of Cable Intermediate Joints .. YAN Xianguo WANG Jingzhi LIN Li et al
- 143 Particle Swarm Algorithm-based Optimal Design of Laying Length of Power Cable Row Pipe ..... YANG Xuhui YUN Yuting
- 146 Intelligent Repair Scheme for 10 kV Distribution Line Faults ..... DONG Qingfeng
- 150 PSCAD-based Simulative Analysis of Resonant Overvoltage upon No-load Switching of Autotransformer ..... SHI Xiaoshuai GU Zhiguang ZHONG Zhaofeng et al
- 152 An Interruption-free Method of Replacing Protection Devices of Distribution Lines ..... WANG Shuai ZOU Ya ZHANG Teng
- 154 Research of Prefabricated Micro Pile Foundation for Transmission Line ..... ZHANG Jiang ZHANG Chuanyi ZHENG Qingsong et al
- 157 Study on Energy Saving of Substations Based on Situational Awareness ..... MA Sai
- 161 Analysis and Treatment of Typical Hidden Dangers of a Practical 500 kV Transmission Line ..... WANG Baocheng WANG Yudi
- 164 Construction and Evaluation of Security Situational Awareness System for Smart Distribution Network ..... AN Rui

## Electrical Equipment

- 167 Relay Protection Configuration Optimization and Setting Calculation of 10 kV Distribution Line ..... LANG Jin
- 170 Analysis on the Fracture Reason of 316L Stainless Steel Inner Protection Barrel of the Circulating Water Pump ..... WANG Shuang BAI Hankuan LIU Haisheng
- 173 Analysis and Research on Hidden Danger of Anti-operation of Double-winding Opening Coil with Common Core of Circuit Breaker ..... LAN Xiangwei ZENG Lingcheng LIN Yuede et al
- 176 Analysis of a Mal-operation of Transformer Differential Protection and Counter-modification Scheme ..... SU Xiaolei LIN Chao WANG Xuedong et al
- 179 Analysis on Relay Protection of Emergency Diesel Generator in Nuclear Power Plant ..... HUANG Chenhui
- 182 Design of Real-time Monitoring System for Dissolved Methane in Transformer Oil ..... CAO Wang WAN Yuan LI Chengcheng et al
- 186 Analysis and Research on Functional Design Points of Air Duct Cleaning Robot for Nuclear Power Plant Ventilation System ..... WEI Chuansheng ZHANG Jinfu ZHAI Lianfu
- 190 Causal Analysis and Treatment of Rotor Bottom Spacer Bar Displacement Fault of a Certain 82 MW Air-cooled Turbo-generator ..... HOU Zhongfeng WANG Hui RU Fen et al
- 194 Application of Analyzing Dissolved Gas in Oil to Fault Diagnosis of Transformers ..... PENG Yue
- 197 Analysis of a Short Circuit Fault of Transformer Balance Winding ..... LI Huiyong ZHANG Wei
- 199 Research and Application of Active Spray System for Main Transformer Heat Sink ..... WANG Zhichun ZHANG Junkang WANG Huihuang et al
- 202 Fault Tolerant Control of Permanent Magnet Direct Drive Motor for Ball Mill Based on Sliding Mode Control ..... WU Peng LI Wei
- 207 Design and Simulation of External Rotor Permanent Magnet Motor for Crane ..... ZHANG Kuo CHENG Xiang

## High Voltage and Insulation Technology

- 210 Analysis of Abnormal Temperature Rise of 220 kV Composite Insulators Occurred in Coastal Transmission Line ..... WEN Long LI Te ZHAO Haoran et al
- 214 Performance Analysis and Optimization of CT in Providing Power for Monitors in High Voltage Transmission Lines\* ..... HE Baina MENG Fantao RONG Bo et al
- 219 Live Detection-based Analysis of Internal Insulation Deterioration Defects of 110 kV MOA ..... CHEN Bodong LIU Kang CHEN Qiandong et al
- 222 Research on Application of External Lightning Protection System in Lightning Protection Measures for Buildings ..... YE Fei XU Yi CAI Chenghan
- 225 Simulation Study on Control Strategy of Qinghai-Tibet Flexible DC Transmission System\* ..... GU Juan LI Zhaoxia JING Liupan et al

## Intelligent Information and Communications Technology

- 233 Security Study and Application of Network Remote Operation of Sqlite Database ..... LI Ruishan BAO Fang YAN Wenjing et al
- 237 Application of LoRa Communication under the Background of Industrial Voltage Sag ..... ZHAO Jinxin XIONG Xiaofeng
- 240 Applicative Study of Information Fusion-based Technology of Situation Awareness for Power Grid Operation Risks ..... ZHOU Ziyi
- 243 Study on Time Synchronization Error of LAN-based Digital Substations ..... FENG Xue WANG Shi