



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 刘铨 刘刚 刘继权  
刘小康 马辉 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·阿尔买买提  
由佳欣 张施令 张锦议 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

邮发代号：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

2024/19期(总第625期) 2024年10月10日出版

## 目次

### 理论研究

- 基于AM-GRU的智能变电站自动化设备故障诊断方法  
马克飞 姚辉昌 任宗琦 等
- 电源外析原理与拟功率平衡原理及双端口网络等效原理  
朱明 朱嘉慧
- 基于INGO-TCN-Attention的多特征短期负荷预测方法\*  
张晓虎 欧科宏 游鑫 等
- 基于Attention机制优化GRU混合神经网络的配电网负荷预测模型应用  
蒋军
- 基于FPGA的中值滤波算法的改进及实现  
李春辉 史文
- 基于改进FasterRCNN的受电弓监控视频弓网燃弧检测研究  
张晓飞 陈振 陆军
- 基于ICEEMDAN与改进小波阈值的谐波检测方法  
李士林 朱旋 周冬冬
- 基于机器视觉的电力营销计量现场作业违规行为识别方法  
吴旭辉
- 基于多元线性回归和改进粒子群算法的输电网监测点优化配置策略\*  
傅智为
- 基于宽禁带器件的新型配网三相功率调节装置的设计与研究  
袁俊球 王迪 邓中诚 等
- 立式车床转盘工作台嵌入式直驱永磁电机研究  
刘阿奇 孟晓亮 厉伟 等
- 基于自注意力机制的时间序列预测及异常检测研究  
王汝桥 张谊 何玉鹏 等
- 新能源电能质量多扰动信号自动检测方法  
崔芳芳 吕志林

### 输配电工程

- 10 kV配网级差保护与馈线自动化混合应用实用化策略与方法\*  
贺玫瑰 薛鹏飞 郑泽慧 等
- BIM技术在330 kV变电站EPC总承包项目管理应用研究  
常加辰
- 电力建设中空架输电线路典型设计及标准化工艺施工  
卢明全
- 数字化背景下小区高低压配电系统设计与应用研究  
余坤海
- 带过渡段塔腿输电塔在1000 kV特高压交流工程中的应用研究  
谢静 徐明鸣 盛广彦 等
- 高空作业智能防呆安全带应用及风险管理策略研究  
郑欢 刘德亮 席荣军 等
- 换相失败后直流整流站有功特性及其对送端交流系统影响的研究  
吴启亮 卢子敬 王杰 等
- 基于实测数据的市域铁路电能质量特性分析  
梁宗佑
- 基于ARIMA模型的配电网系统月用电量综合预测方法  
李荣荣

91	基于配电自动化的断线及接地故障处理方法*	田娟	薛鹏飞	史冀	等
94	基于GIM的输电线路三维状态监测平台的建设	余容	张辉	王迪	等
97	基于最优特征训练支持向量机的MMC-HVDC输电线路故障检测方法	肖思捷	于琮	房悦	等
100	配网T接架空线路行波故障精确定位			宋鹏飞	侯佳音
104	计及配电网重构的配电网节点脆弱性评估	王敏	蒲秋平	陈邦进	等

## 电气设备

108	6 kV开关合闸回路增加延时闭锁功能改进方案				成向阳
110	基于无线通信的电力系统储能设备运行状态自动监测方法				焦燕
112	10 kV SLWL开关站油浸式配电变压器诊断与预防维护技术				朱涛
116	基于多状态量感知技术的继电保护设备状态在线监测方法				时文俊
119	基于电流互感器检测的三维立体移动机械装置工艺研究				寇亮
122	基于网络监控技术的变电站运行异常状态自动告警方法				陈梦楠
125	三相四线表单相失压时更正系数为2的原因分析				邓得政
127	试验电源频率对高压开关设备温升影响研究	王伟	王博	胡文歧	等
131	室外电动机温度调节器的研制与应用	马金鹏	文杰	李旭	等
134	手持式避雷器泄漏电流表辅助抄录装置设计	马伸铜	闫琪	王勇杰	等
137	一起变压器套管介损在线监测数据异常分析		夏健	易成星	左杰
141	一起断路器闪络放电故障探析				肖涵爽
144	一种零火线反接检测系统及方法	郭苗永	黄伟良	陈楠	等
147	预制舱热设计及计算方法探析	顾铭飞	阚严生	袁涤非	等
151	一起环氧树脂浇注电流互感器故障情况及处理分析				柏树青

## 高压与绝缘技术

156	220 kV双回线路无人机协同带电作业表面电场分析*	苏晓	白雪松	许华栋	等
159	500 kV GIS交流耐压试验在智能电网建设中的应用研究				李汶蒿
162	雷电流作用下人工接地体腐蚀寿命预估方法研究				刘俊
164	C5-PFK混合气体绝缘穿墙套管分解产物分时互用光学带电检测技术		邓保家	张施令	彭链
173	超高压变电站接入弱交流系统的功角、电压稳定问题研究	卢子敬	吴启亮	贾波	等
178	RIME-VMD-LSSVM在气体绝缘电器局放故障识别的应用	张超	张运	张士勇	等
184	基于红外图像技术的变电站高压电气设备绝缘自动监测			何瀚	郭亨
186	动车组固体绝缘隔离开关电场仿真优化设计	刘郑森	薄文彦	张东远	等
191	高压开关柜局部放电带电检测技术分析及应用	黄昊忆	庄汝栋	谢励耘	等
194	热塑性聚丙烯电缆电-热-力仿真研究*	黄延举	胡东方	董高远	等
198	热缩型高压电缆终端绝缘劣化分析及处理措施研究	袁乐	窦庆鹏	朱莹	等

## 智能信通技术

202	基于SSA-PFCM聚类算法的电力大数据异常检测				孙畅	殷悦
206	基于IA_DCS系统外接冗余回填型历史库的安装与调试					石财祥
209	输电线路多参量集成监测终端通信方案研究					郭炬
213	基于5G传输的矿用电缆绝缘监测技术研究					熊俊

## 发电厂

218	发电机跳逆功率保护异常原因分析					高万鑫
221	垃圾焚烧发电厂一键启动旁路控制策略	牛亚东	赵伟鹏			周金鹏
225	某火电厂6 kV浇注封母短路故障处理及结构优化研究					杨文杰
228	汽轮发电机定子绕组单相接地故障原因分析					张晓鹏
231	汽轮机高压旁路减温水调节阀杆断裂原因分析				尤莎	李俊俊

# ELECTRIC ENGINEERING

(Electric Power) No.19

## CONTENTS

### Theoretical Research

- 1 AM-GRU-based Fault Diagnosis for Smart Substation Automation Equipment ..... MA Kefei YAO Huichang REN Zongqi et al  
5 Power Supply Dialysis Principle and Quasi-Power Balance Principle and Equivalence Principle of Dual-Port Networks ..... ZHU Ming ZHU Jiahui  
17 INGO-TCN-Attention-based Multi-feature Short-term Load Forecasting\* ..... ZHANG Xiaohu OU Kehong YOU Xin et al  
23 Distribution Network Load Forecasting Based on Attention-mechanism-optimized GRU Hybrid Neural Network ..... JIANG Jun  
26 Improvement and Implementation of FPGA-based Median Filtering Algorithm ..... LI Chunhui SHI Wen  
29 Modified FasterRCNN-based Detection of Pantograph-Line Arc Through Visualized Monitoring ..... ZHANG Xiaofei CHEN Zhen LU Jun  
32 Harmonic Detection Method Based on ICEEMDAN with Improved Wavelet Thresholding ..... LI Shilin ZHU Xuan ZHOU Dongdong  
38 Machine Vision-based Identification of Metering Rule-violated Behaviors in Electric Marketing ..... WU Xuhui  
40 MLR-MPSO-based Arrangement Optimization of Monitoring Points in Transmission Networks\* ..... FU Zhiwei  
46 Study on Design of Wide Band Gap Device-based Three-phase Power Regulation Device for New Distribution Networks ..... YUAN Junqiu WANG Di DENG Zhongcheng et al  
50 Study on Embedded Direct-drive Permanent Magnet Motor for Vertical Lathe Turntable ..... LIU Aqi MENG Xiaoliang LI Wei et al  
55 Self-attention Mechanism-based Prediction and Anomaly Detection of Time Series ..... WANG Ruqiao ZHANG Yi HE Yupeng et al  
58 Automatic Detection Method of Electric Quality Multi-disturbance Signals of New Energy Generations ..... CUI Fangfang LV Zhilin

### Power Transmission and Distribution Engineering

- 60 Hybridized Application of Sectional Difference Protection and Feeder Automation in 10 kV Distribution Networks\* ..... HE Meilu XUE Pengfei ZHENG Zehui et al  
64 Applicative Study of BIM Technology in EPC General Contracting Project Management of 330 kV Substations ..... CHANG Jiachen  
67 Typical Design and Standardized Process Construction of Overhead Transmission and Distribution Lines in Electric Power Construction ..... LU Mingquan  
70 Case Practice in Design and Application of High- and Low-voltage Distributing Systems of Apartment Complex Under the Context of Digitalization ..... YU Kunhai  
73 Applicative Study of Transmission Tower with Transition Legs in 1000 kV UHV AC Transmission Line Project ..... XIE Jing XU Mingming SHENG Guangyan et al  
77 Strategy for the Use of Intelligent Anti-dumping Safety Belts and Risk Management in Aerial Work ..... ZHENG Huan LIU Deliang XI Rongjun et al  
80 Study on Post-commutation-failure Active Power Characteristics of HVDC Converter and Its Influence on Sending-end AC System ..... WU Qiliang LU Zijing WANG Jie et al  
85 Measured Data-based Case Analysis of Power Quality Characteristics of Urban Railway ..... LIANG Zongyou  
88 ARIMA-based Comprehensive Prediction of Monthly Electricity Consumption of Distributing System ..... LI Rongrong  
91 Handling of Line Breakage and Ground Faults in Accord with Power Distribution Automation\* ..... TIAN Juan XUE Pengfei SHI Ji et al  
94 Development of GIM-based 3D Condition Monitoring Platform for Transmission Lines ..... YU Rong ZHANG Hui WANG Di et al  
97 Method to Detect MMC-HVDC Transmission Line Fault Utilizing Optimal Sample-trained Support Vector Machine ..... XIAO Sijie YU Qiong FANG Yue et al  
100 Traveling Wave-based Fault Location of T-connected Overhead Distributing Lines ..... SONG Pengfei HOU Jiayin  
104 Network Reconstruction-considered Assessment of Distribution Network Node Vulnerability ..... WANG Min PU Qiuping CHEN Bangjin et al

### Electrical Equipment

- 108 Scheme of Retrofitting 6 kV Switch with Delayed Block Function for Closing Circuit ..... CHENG Xiangyang

- 110 Wireless Communication-based Automatic Monitoring of Operational States of Electric Energy Storage Equipment ······ JIAO Yan
- 112 Diagnosis and Preventive Maintenance of Oil immersed Distribution Transformers in 10 kV SLWL Switchyard ······ ZHU Tao
- 116 Multi-status-variable Perception-based Online Monitoring of Protective Relays ······ SHI Wenjun
- 119 Application of Current Transformer Detection in Three-dimensional Mobile Mechanical Devices ······ KOU Liang
- 122 Network Monitoring-based Automatic Alarm Against Operational Abnormal States of Substations ······ CHEN Mengnan
- 125 Analysis of Correction Coefficient Being 2 with Respect to a Three-phase Four-wire Meter Encountering Single-phase Voltage Loss ······ DENG Dezheng
- 127 Study on Effect of Power Source Frequency to Temperature-rise Test of High-voltage Switchgear and Controlgear ······ WANG Wei WANG Bo HU Wenqi et al
- 131 Development and Application of Outdoor Motor Temperature Regulator ······ MA Jinpeng WEN Jie LI Xu et al
- 134 Design of Handheld Gadget for Recording Arrester Leakage Current ······ MA Shentong YAN Qi WANG Yongjie et al
- 137 Case Analysis of Dielectric Loss Data Abnormality in Online Monitoring of Transformer Bushing ······ XIA Jian YI Chengxing ZUO Jie
- 141 Case Analysis of Flashover Discharge Fault of Circuit Breaker ······ XIAO Hanshuang
- 144 A Dead-Live Wire Reverse Connection Detecting System and Method ······ GUO Miaoyong HUANG Weiliang CHEN Nan et al
- 147 Analysis of Thermal Design and Calculation for Prefabricated Cabin Substation ······ GU Mingfei KAN Yansheng YUAN Difei et al
- 151 Analysis and Handling of a Fault Case of Epoxy-casted Current Transformer ······ BAI Shuqing

## High Voltage and Insulation Technology

- 156 Surface Electric Field Analysis of Drones Assisting Live Working in 220 kV Double-circuit Lines\* ······ SU Xiao BAI Xuesong XU Huadong et al
- 159 Applicative Practice of 500 kV GIS AC Voltage Tolerance Test in Smart Grid Construction ······ LI Wenhao
- 162 Study on Corrosion Life Prediction of Artificial Earthing Electrodes Subjected to Lightning Current ······ LIU Jun
- 164 Time-division Multiplexing Optical Live Detection Technology for Decomposition Products of C5-PFK Gas Mixtures in Insulated UHV Wall Bushings ······ DENG Baojia ZHANG Shiling PENG Lian
- 173 Study on Stability Problem of Power Angle and Voltage of EHV Substations Connected to Weak AC Systems ······ LU Zijing WU Qiliang JIA Bo et al
- 178 Application of RIME-VMD-LSSVM in Partial Discharge Fault Identification of Gas-insulated Switchgear ······ ZHANG Chao ZHANG Yun ZHANG Shiyong et al
- 184 Automatic Monitoring of Insulation of Substation High-voltage Electrical Equipment Using Infrared Image Technology ······ HE Han GUO Heng
- 186 Electric Field Simulation and Optimization Design for Solid-insulated Disconnectors of EMUs ······ LIU Zhengsen BO Wenyan ZHANG Dongyuan et al
- 191 Case Application of Live Detection Technology in Measurement of Partial Discharge of High-voltage Switchgear ······ HUANG Haoyi ZHUANG Rudong XIE Liyun et al
- 194 Electrical-Thermal-Mechanical Simulation of Thermoplastic Polypropylene Cables\* ······ HUANG Yanju HU Dongfang DONG Gaoyuan et al
- 198 Analysis on Insulation Degradation and Conceiving of Treatment Measures of Heat-shrinkable High-voltage Cable Terminals ······ YUAN Le DOU Qingpeng ZHU Ying et al

## Intelligent Information and Communications Technology

- 202 SSA-PFCM Clustering Algorithm-based Anomaly Detection from Electric Big Data ······ SUN Chang YIN Yue
- 206 Installation and Debugging of an IA\_DCS-based External Redundant Backfilling Historical Database ······ SHI Caixiang
- 209 Study on Communication Scheme of Integrated Terminal for Multi-parameter Monitoring of Transmission Line ······ GUO Ju
- 213 5G Transmission-based Insulation Monitoring of Mining Cables ······ XIONG Jun

## Power Plant

- 218 Case Analysis of Abnormality of Generator Reverse Power Protection with Programmed Switch ······ GAO Wanxin
- 221 Bypass Control Strategy for One-click Start of Waste Incineration Power Plant ······ NIU Yadong ZHAO Weipeng ZHOU Jinpeng
- 225 Case Study on Short-circuit Fault Handling and Structural Optimization of 6 kV Cast-resin Insulated Busway in a Coal Fired Plant ······ YANG Wenjie
- 228 Causal Analysis of a Case of Single-phase Ground Fault of Steam Turbine Generator Stator Winding ······ ZHANG Xiaopeng
- 231 Causal Analysis on Fracture of High-pressure Bypass Desuperheating Water Control Valve Stem of Steam Turbines ······ YOU Sha LI Jiaojiao