



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·亚尔买买提  
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 电工技术

## DIAN GONG JI SHU

半月刊 1980年创刊

2024/24期(总第630期) 2024年12月25日出版

## 目次

### 自动控制

- 基于改进MRAS无位置传感器控制系统研究 薛王琦 郭凯凯 李文慧 等
- LCC-S无线充电系统控制策略的研究 张慧
- PMLSM自动门无位置传感器控制系统设计 孙志伟
- 变电站智能精确送风环控系统设计与气流组织模拟研究 白杨 周发山
- 变电站采样偏差自动学习和补偿技术研究 蔡亮亮 龚世敏 唐斌 等
- 基于PLC的自动曝气控制系统设计与应用 何王金
- 基于STM32单片机的养殖场环境监测系统设计 李景阳 周善旻 张宇 等
- 基于参数辨识的园区柔性电力负荷自适应启动策略研究\* 孙恒东 黄涛 朱姣 等
- 光伏发电逆变控制系统设计 闫保双 郑涵译 彭熹 等

### 人工智能与传感技术

- 基于RobotStudio与TIA Portal的工业机器人实训设备联合仿真系统设计\* 周莉 车良有 董泽豪 等
- 人工智能在光伏组件故障检测与维护中的应用\* 胡伟 王迪 胡耀蓉 等
- 基于改进蒙特卡洛的新能源汽车充电负荷预测研究 殷铭
- 基于模糊神经网络的火力发电厂热控设备故障检测研究 张印
- 基于短期负荷预测的电力系统无功电压控制优化策略研究 廖雨
- 基于机群划分和列昂节夫逆阵的风电场理论功率计算方法\* 邢西龙 李睿 赖晓路 等
- 基于数字孪生技术的电动汽车电池储能系统的状态检测方法 张磊光 曹宇 陈海涛
- 基于蝙蝠算法优化BP神经网络的短期光伏功率预测\* 廖耀富
- 短期风电出力预测的融合模型比较 杨炎昆 李玉玲 杨仕友

### 新能源系统与设备

- 高比例分布式光伏接入对电能计量的影响分析 李小平 吴志华 刘火源 等
- 考虑电流保护动作的分布式电源选址定容和并网策略 张合栋 朱瑞婷
- 光伏并网逆变器三矢量无模型预测电流控制 沈彦池 徐勇 仇义
- 基于Buck-Boost半桥级联型储能系统均衡控制研究 郭才宏 唐光云 高欣
- 基于TOPSIS法的新能源接入高压配电网综合评估分析 杨帆 程维杰 许琴
- 基于混合储能的光伏并网系统功率控制\* 易磊 王若木
- 基于变频器容量的永磁同步风力发电机组控制方法 黄建明
- 斜单轴光伏跟踪支架不均匀跟踪算法优化\* 雷震洲 许家炜 赖文标 等
- 风电场远程监控与智能运维系统的设计与实现 廖福堂 李建东
- 基于时间级差分析的风电场集电线路保护方法 吴益航

- 122 基于CiteSpace知识图谱的零碳园区研究综述  
 130 基于新一代集控自动化系统的风力发电并网运行及故障解列分析  
 134 新型光储UPS联合供电系统容量优化配置\*  
 137 基于合理弃能的联合发电系统优化运行研究  
 143 基于熵权法与TOPSIS的充电桩健康评估模型研究  
 147 风光储一体新型电力运维系统设计与分析\*

刘颖熙 欧阳章智 吴小刚 等  
 浦源 王骏  
 郭子强 庄国峰  
 刘姮  
 郭正宾 李奇 王玉乐 等  
 王莘莘 杨辉 李建峰

## 电力自动化

- 151 基于BP神经网络的电场测量误差补偿研究\*  
 155 基于PCS9000的负荷批量控制功能设计与应用  
 160 110 kV内桥接线变电站备自投原理探讨及改进  
 163 事件触发型PID在电力工程中的应用  
 166 电力市场需求响应的短期负荷预测模型研究  
 169 基于DSP的微电网电能质量监测及控制技术研究  
 173 基于储能单元的微电网电能质量APFC控制技术  
 176 基于VMD行波信号特征分析的含DG配电网故障测距方法  
 179 基于完全自描述通信协议的自动化测试技术研究  
 182 开入SOE分辨率分析及实验方法优化  
 185 智能变电站更换110 kV母差保护方案研究及实施

刘靛雯 胡春璇 李国润 等  
 张宇 陶洪强 厉超 等  
 施鲁强 江柏松 张莞嘉 等  
 王小君 苏文辉 刘畅尧 等  
 张建忠  
 保拉 李庆兵 侯保健 等  
 朱进 顾阳 顾佳琪 等  
 陈亮  
 向莉华 林超  
 牟晋力 史志伟 岳峰  
 刘雪飞 陈建 杨宝林 等

## 电力设备

- 188 关闭柜门引起操作回路误动问题分析  
 190 35 kV母线并联电抗器C相损坏原因分析  
 193 110 kV电容式电压互感器试验数据异常升高故障分析  
 196 面向能源互联网的新一代智慧型变电站设计  
 200 不同典型场景下分布式电源即插即用边界条件一般规律研究\*  
 204 电压回路故障状态下智能电能表的计量数据分析  
 207 电力仪表检测工艺与方法  
 210 市政给排水工程中变压器容量选择  
 212 油浸纸式变压器套管隐性绝缘缺陷案例分析  
 215 基于手持式设备的扩展测试技术  
 218 10 kV母联备自投拒动行为分析及改进  
 221 基于零序电压投影系数的灵活接地系统故障选线方法  
 225 冗余测控装置在智能变电站中的应用探讨  
 228 水轮机调速器硬件改造及控制模式的优化研究  
 232 低压电缆分支箱防凝露治理方案研究  
 235 一种低压用户隐蔽线路智能排查装置的研究  
 238 油浸式变压器故障诊断方法研究

杨洋 祝仁杰 陆帅 等  
 谢洪  
 孙美玲 孙文杰 梁晖 等  
 刘羽峰 谢小鹏 张文军  
 郑爽 程一帆 刘超 等  
 常仕亮 徐鸿宇 刘拧滔 等  
 景程 徐京生 杨小弟 等  
 刘庆 许德华  
 苏全 张伟明  
 窦会光 宋阳 邢秋贤  
 付小松 苏小雷 陈亮  
 杨鼎 张霞 宋维庭  
 居福豹 曹静  
 谢桑  
 方妍 顾金  
 闵波 李旭枫 陈逸飞  
 王元彬 王亮 王鹏 等

## 系统解决方案

- 243 典型输电线路充电故障叠加二次回路缺陷事故分析  
 247 变电站刀闸操作异常的分析及处理  
 250 海上风电供电主设备状态评估与决策系统  
 254 电网运行风险全过程管理策略\*  
 257 海上风电送出海缆的潮流及电流分布计算方法  
 260 换流站阀控单元VBE异常报文的分析及处理  
 263 基于RCM的汽动给水泵及小汽轮机检修策略  
 267 通道延时不一致造成的线路纵差保护误动分析  
 270 主变电站电抗器操作过电压分析及抑制方案  
 273 自动监测数据标记规则下燃煤电厂锅炉工况自动标记的实施方案  
 276 220 kV变电站无功补偿装置选择  
 279 孤光保护误动引起多回集电线路跳闸事件分析  
 281 综合能源系统态势感知系统架构设计研究

李小春 梁向阳 王莉 等  
 曾妮 倪一洋  
 徐荣 郭冲 王均平等  
 王有军 王磊 杜露露 等  
 孙舒逸 王洪江 夏令龙 等  
 伍昆 方苇  
 王奎星 杨旭辉 马长亮 等  
 孙立新  
 蒋林 邝灿桐  
 周磊  
 张振夫 益西措姆 旦增巴桑 等  
 刘云  
 孙伟乐

# ELECTRIC ENGINEERING

(Automatic Control) No.24

## CONTENTS

### Automatic Control

- 1 Research on Enhanced Model Reference Adaptive System (MRAS) for Sensorless Control Systems ..... XUE Wangqi GUO Kaikai LI Wenhui et al
- 5 Research on the Control Strategy of LCC-S Based Wireless Charging System ..... ZHANG Hui
- 8 PMLSM Automatic Door Without Position Sensor Control System Design ..... SUN Zhiwei
- 11 Design and Simulation of Air Flow Organization of Intelligent Precise Air Supply Environment Control System for Substation Control Cabinet ..... BAI Yang ZHOU Fashan
- 15 Research on Automatic Learning and Compensation Technology of Sampling Deviation in Substation ..... CAI Liangliang GONG Shimin TANG Bin et al
- 19 Design and Application of an Automatic Aeration Control System Based on PLC ..... HE Wangjin
- 22 Design of a Environmental Monitoring System for Breeding Farms Based on STM32 Microcontroller ..... LI Jingyang ZHOU Shanmin ZHANG Yu et al
- 25 Research on Adaptive Starting Strategy of Industrial Estate Flexible Power Load Based on Parameter Identification\* ..... SUN Hengdong HUANG Tao ZHU Jiao et al
- 30 Design of Photovoltaic Inverter Control System ..... YAN Baoshuang ZHENG Hanyi PENG Xi et al

### Artificial Intelligence and Sensing Technology

- 33 Establishment of a Joint Simulation System for Industrial Robot Training Equipment Based on RobotStudio and TIA Portal\* ..... ZHOU Li CHE Liangyou DONG Zehao et al
- 39 Application of Artificial Intelligence in Fault Detection and Maintenance of Photovoltaic Modules\* ..... HU Wei WANG Di HU Yaorong et al
- 44 Load Forecast of New Energy Vehicles' Charging Based on Modified Monte Carlo Method ..... YIN Ming
- 50 Research on Fault Detection of Thermal Control Equipment in Thermal Power Plants Based on Fuzzy Neural Networks ..... ZHANG Yin
- 53 Research on Optimal Strategy of Power System Reactive Power and Voltage Control Based on Short-term Load Forecast ..... LIAO Yu
- 59 A Wind Farm Theoretical Power Calculation Method Based on Wind Turbine Grouping and Lengtev Inverse Matrix\* ..... XING Xilong LI Rui LAI Xiaolu et al
- 65 State Detection Method for Electric Vehicle Battery Energy Storage Systems Based on Digital Twin Technology ..... ZHANG Leiguang CAO Yu CHEN Haitao
- 70 Short-term Photovoltaic Power Prediction Based on Bat Algorithm Optimizing BP Neural Network\* ..... LIAO Yaofu
- 75 Comparison of Fusion Algorithms for Short-term Wind Power Forecasts ..... YANG Yankun LI Yuling YANG Shiyou

### New Energy Systems and Equipment

- 79 Analysis of the Impact of High Proportional Distributed Photovoltaic Access on Energy Measurement ..... LI Xiaoping WU Zhihua LIU Huoyuan et al
- 83 Locating and Sizing of DG and Grid-Connected Strategy Considering Current Protection ..... ZHANG Hedong ZHU Ruiting
- 89 Three-voltage-vector-based Model-free Predictive Current Control of Grid-connected Inverters for PV Systems ..... SHEN Yanchi XU Yong QIU Yi
- 94 Research on Pricing Mechanism of User-side Shared Energy Storage Based on Master-slave Game ..... GUO Caihong TANG Guangyun GAO Xin
- 100 Comprehensive Evaluation and Analysis of New Energy Access to High Voltage Distribution Network Based on TOPSIS Method ..... YANG Fan CHENG Weijie XU QIN
- 103 Power Control of Photovoltaic Grid-Connected System Based on Hybrid Energy Storage\* ..... YI Lei WANG Ruomu
- 108 Control Method of Permanent Magnet Synchronous Wind Turbine Based on Frequency Converter Capacity ..... HUANG Jianming
- 111 Optimization of Uneven Tracking Algorithm for Inclined Uniaxial Photovoltaic Tracking Mounts\* ..... LEI Zhenzhou XU Jiawei LAI Wenbiao et al
- 116 Design and Implementation of Remote Monitoring and Intelligent Operation and Maintenance System for Wind Farm ..... LIAO Futang LI Jiandong
- 119 Protection Method for Wind Farm Collection Lines Based on Time Difference Analysis ..... WU Yihang
- 122 A Review of Research on Zero-Carbon Parks Based on CiteSpace Knowledge Mapping ..... LIU Yingxi OUYANG Zhangzhi WU Xiaogang et al
- 130 Grid-Connected Operation and Fault Disconnection of Wind Power Generation Based on the New Generation of Centralized Control Automation System ..... PU Yuan WANG Jun
- 134 Capacity Optimization Allocation for a New Type of PV/Storage UPS Combined Power Supply System\* ..... GUO Ziqiang ZHUANG Guofeng
- 137 Research on Optimal Operation of Combined Power Generation System Based on Rational Abandonment of Energy ..... LIU Heng
- 143 Research on Charging Pile Health Assessment Model Based on Entropy Weight Method and TOPSIS ..... GUO Zhengbin LI Qi WANG Yule et al
- 147 Design and Analysis of Integrated Wind-Solar-Energy Storage Power Operation and Maintenance System\* ..... WANG Luoluo YANG Hui LI Jianfeng

## Power Automation

- 151 Research on Error Compensation of Electric Field Measurement Based on BP Neural Network\* ..... LIU Jingwen HU Chunxuan LI Guorun et al
- 155 Function Design and Application of Load Batch Control Based on PCS9000 ..... ZHANG Yu TAO Hongqiang LI Chao et al
- 160 Exploration and Improvement of the Principle of Backup Power Automatic Switching in 110 kV Inner Bridge Connection Substation ..... SHI Luqiang WANG Baisong ZHANG Wanjia et al
- 163 Application of Event-triggered PID in Power Engineering ..... WANG Xiaojun SU Wenhui LIU Changyao et al
- 166 Study on the Short-term Load Prediction Model of Power Market Demand Response ..... ZHANG Jianzhong
- 169 Research on Power Quality Monitoring and Control Technology of Microgrid Based on DSP ..... BAO La LI Qingbing HOU Baojian et al
- 173 Microgrid Power Quality APFC Control Technology Based on Energy Storage Unit ..... ZHU Jin GU Yang GU Jiaqi et al
- 176 Fault Location Method of Distribution Network with DG Based on VMD Traveling Wave Signal Feature Analysis ..... CHEN Liang
- 179 Research on Automated Testing Technology Based on Fully Self Describing Communication Protocol ..... XIANG Lihua LIN Chao
- 182 Analysis of SOE Resolution and Optimization of Experimental Method ..... MOU Jinli SHI Zhiwei YUE Feng
- 185 Research and Implementation of Replacing 110 kV Bus Differential Protection in Intelligent Substation ..... LIU Xuefei CHEN Jian YANG Baolin et al

## Electrical Equipment

- 188 Analysis and Improvement of Misoperation of Operating Loop Caused by Closing the Cabinet Door ..... YANG Yang ZHU Renjie LU Shuai et al
- 190 Analysis of C Phase Damage of 35 kV Bus Shunt Reactor ..... XIE Hong
- 193 Analysis of Abnormal Increase in Test Data of 110 kV Capacitive Voltage Transformer ..... SUN Meiling SUN Wenjie LIANG Hui et al
- 196 Research of a New Generation of Smart Substation for the Energy Internet ..... LIU Yufeng XIE Xiaopeng ZHANG Wenjun
- 200 Research on General Rules of Plug-and-play Boundary Conditions for Distributed Generation in Different Typical Scenarios\* ..... ZHENG Shuang CHENG Yifan LIU Chao et al
- 204 Measurement Data Analysis of Intelligent Energy Meters Under Voltage Circuit Fault State ..... CHANG Shiliang XU Hongyu LIU Ningtao et al
- 207 Research on the Testing Technology and Methods of Power Instruments ..... JING Cheng XU Jingsheng YANG Xiaodi et al
- 210 Study on the Capacity Selection of Transformer in Municipal Water Supply and Drainage Engineering ..... LIU Qing XU Dehua
- 212 A Case Analysis of the Hidden Insulation Defect of Oil-immersed Paper Transformer Bushing ..... SU Quan ZHANG Weiming
- 215 Scalable Testing Technology Based on Handheld Devices ..... DOU Huiguang SONG Yang XING Qiuxian
- 218 Analysis and Improvement of an Operation Failure of 10 kV Bus Coupled Backup Automatic Switching ..... FU Xiaosong SU Xiaolei CHEN Liang
- 221 A Fault Line Selection Method for Flexible Grounding System Based on Zero-sequence Voltage Projection Coefficient ..... YANG Ding ZHANG Xia SONG Weiting
- 225 Discussion on the Application of Redundant Measurement and Control Devices in Smart Substations ..... JU Fubao CAO Jing
- 228 Research and Application of Hardware Transformation and Control Mode Optimization of a Water Turbine Governor ..... XIE Sang
- 232 Study on Solution of Condensation Problem in Low-Voltage Cable Branch Box ..... FANG Yan GU Jin
- 235 Study of Intelligent Detection Device for Concealed Wires of Low-voltage Users ..... MIN Bo LI Xufeng CHEN Yifei
- 238 Research on Fault Diagnosis Methods for Oil Immersed Transformers ..... WANG Yuanbin WANG Liang WANG Peng et al

## System Solution

- 243 Analysis of a Typical Accident Caused by Charging Fault Superimposed on Secondary Circuit Defect in Power Transmission Line ..... LI Xiaochun LIANG Xiangyang WANG Li et al
- 247 Analysis and Treatment of Abnormal Operation of the Knife Switch in Substation ..... ZENG Ni NI Yiyang
- 250 Status Evaluation and Decision-making System of Main Equipment for Offshore Wind Power Supply ..... XU Rong GUO Chong WANG Junping et al
- 254 Management Strategy for the Entire Process of Power Grid Operation Risk\* ..... WANG Youjun WANG Lei DU Lulu et al
- 257 Calculation Method of Current and Power Flow Distribution on Outgoing Submarine Cables in Offshore Wind Farm ..... SUN Shuyi WANG Hongjiang XIA Linglong et al
- 260 Analysis and Treatment of VBE Abnormal Message of Valve Control Unit in Converter Station ..... WU Kun FANG Wei
- 263 Research on Maintenance Strategies for Steam-Driven Feed Pump and Small Steam Turbines Based on RCM ..... WANG Kuixing YANG Xuhui MA Changliang et al
- 267 Analysis of a Maloperation of Line Longitudinal Differential Protection Caused by Inconsistent Channel Delay ..... SUN Lixin
- 270 Overvoltage and Inhibition Scheme of Reactor Operation in Main Substation ..... JIANG Lin KUANG Cantong
- 273 Coal-fired Power Plants Under Automatic Monitoring Data Tagging Rules Implementation of Automatic Marking of Boiler Operating Conditions ..... ZHOU Lei
- 276 Selection of Reactive Power Compensation Device for 220 kV Substation ..... ZHANG Zhenfu Yixicuomu Danzengbasang et al
- 279 Analysis of Trip Events in Multiple Collecting Lines Caused by Misoperation of Solitary Light Protection ..... LIU Yun
- 281 Research on the Architecture Design of the Situational Awareness System for the Integrated Energy System ..... SUN Weile