



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

2023/6期(总第588期) 2023年3月25日出版

## 目次

### 自动控制

- 1 330 MW火电机组深度调峰下AGC控制优化研究及应用  
马亮 刘翔 吴学崇
- 3 基于模糊神经网络的锅炉床温控制策略研究  
胡兴 韩磊
- 7 基于自适应模糊算法的建筑电气设备节能控制方法  
刘莹
- 10 矿用挖掘机提升机构健康监测系统设计\*  
何俊强 吉孟兰
- 13 微惯性测量单元研究\*  
张燕 王博
- 16 基于SOA-PID的燃煤电厂SCR烟气脱硝控制  
柳春晖 刘刚
- 18 基于虚拟仪器技术的船舶动力控制系统测试平台设计  
严昱 吴一鸣 叶冯超等
- 22 SSD590全数字直流调速装置在不锈钢冷轧机上的应用  
祝建荣
- 28 基于RM57L843的核级芯片安全自诊断机制的研究与实现  
陈晓勇 任振耀 山江川等
- 34 基于负载转矩观测器的永磁同步电机动态面控制  
沙逸凡 夏梅珍
- 38 低压电器常用控制方式  
施尚英 黄世瑜
- 42 级联型电力电子变压器逆级联虚拟同步机控制策略\*  
王新磊 钟建伟 田浩
- 44 基于分布式控制的沙盘智能控制设计研究  
王会咪

### 新能源系统与设备

- 47 基于健康因子的锂电池剩余寿命预测方法  
李浩平 陈心怡 朱成彪等
- 51 某核电厂燃油浊点温度计算方法  
褚松良 贾小攀 王振中
- 55 分布式光伏发电系统的孤岛检测方法研究  
张涛 李志广 赵常明等
- 58 储能电池补电方法研究  
魏阳 王万纯 姜森等
- 62 考虑异质能源时空互补特性的风光最大消纳策略研究  
战鹏 张中伟 连亚龙等

### 人工智能与传感技术

- 66 地铁站公共区火灾探测器类型选择  
闫秀宝
- 68 特高压站用交流电源在线监测系统分析与研究  
丁晶 丁振华 王磊等
- 72 基于运动想象脑机接口的脑控智能导航机器人  
乔敏 任熠 郭喜荣等
- 76 基于DAGAN的电气设备小样本红外图像生成技术与应用  
张美锋 谭翼坤 陈世俊等
- 80 基于遗传算法求解带时间窗的外卖配送车辆路径问题研究\*  
夏忠宇

- 84 基于人工智能的图像识别技术研究\*
- 87 基于数字孪生技术的特高压直流换流站仿真培训系统的研究

刘 孟 刘剑勇 黄长勇等  
张自朋 田 萍 李凤龙等

## 电力自动化

- 91 面向电力需求侧的智能电网负载调度方法
- 94 一种多个异步采样的暂态同源录波文件分析方法
- 97 基于柔性负荷调节的微网需求响应鲁棒优化配置\*
- 100 基于数字孪生技术的城市新型电力系统应用架构\*
- 104 基于深度神经网络的分布式智能微电网群间能量优化调度仿真模型
- 107 考虑分时电价机制的微电网优化调度
- 111 基于三维Kmeans-DDPG的多能园区优化调度
- 118 禄高肇直流一送二方式下三站解锁和第三站投入导致直流闭锁原因分析
- 121 关于电子通信系统复合式干扰的智能识别研究
- 124 深水电力载波通信的应用
- 127 灵活接地系统的高阻接地保护研究

曹 敏 温 栋 贾蓉蓉  
江晓亮 付国新 王 正  
王薇蓉 陈扬波 梁中豪  
盛 鹏 吴梓妍 李智勇  
谭志广 杨 栩 黄洪达等  
刘佳鑫 李 岩  
王 珣 王 钟 沈海华等  
李 莉 唐颖章  
杨 柳  
梁德炽 吴永鹏 周声结  
秦昌嵩

## 电力设备

- 130 三相三电平逆变器输出电压谐波抑制控制研究\*
- 134 管道几何参数对双向水流整流装置性能的影响\*
- 137 国产化嵌入式保护装置的可靠性设计与测试
- 141 一起35 kV风机箱变故障案例分析
- 143 基于继电保护压板正确投退重要性的研究
- 147 基于电流峰面积及时间特性的隔离开关故障诊断系统设计\*
- 152 基于断路器合闸弹簧弹力信号的储能故障诊断方法
- 158 基于电气试验全流程智能管控的变电运检数字化转型实践
- 161 基于卷积神经网络的UPS系统逆变器故障诊断研究
- 167 一种复合结构型ICPT无线充电系统研究\*
- 172 智能电表晶振模块设计及实践

朱文杰 许 赢 李云飞等  
张春燕 颜瑞雪 李国富等  
杨生革 浮明军 刘秋菊等  
李秀婧 王臣玺  
陶瑞基 孙 健  
黄峻峰 陈富国 吴军辉  
吴鹤翔 李 兵 李 良等  
潘志新 张天培 董建生等  
王 愚 李绍坚 黄增柯等  
张 迪 夏立伟 胡洪炜等  
尹章专 应东东 杨迎辉等

## 系统解决方案

- 175 岩基场所降低接地电阻的措施探讨
- 177 数据挖掘视域下电力营销稽查业务监管系统的设计研究
- 180 某抽水蓄能电站500 kV变压器低压侧箱沿过热故障分析与处理
- 182 土压平衡式矩形顶管姿态控制技术分析
- 186 浙江省火储联合调频必要性及配置研究
- 189 镗床线路故障的排除技术
- 192 特大桥中压配电技术的研究与探讨
- 194 交流供电制市域(郊)轨道交通工程接地方案探讨
- 197 基于综合权重的电能质量模糊评估
- 200 “多站融合”之变电站、充电站深度融合方案
- 203 地面过分相中性区长时间停车设备发热问题分析与研究
- 206 C12-3.43型凝汽式汽机通流改造应用分析
- 209 跨500 kV大区的10(20) kV配网馈线合环转电的难点和提升方法探索
- 213 变电站输电网风险评估分析
- 216 可视化接地系统在郑州地铁的应用
- 219 基于关联规则的柴油发电机组故障录波数据冗余点过滤算法
- 223 地铁车辆基地电气照明节能设计方法研究

汤泉清  
洪雅宁  
高学洪 王 鹏 韦慧星等  
钟 腾  
陈喜龙 白阳振 林丽君  
张青青  
邓 军  
李 亮  
张 奇 孙 粟 郭 培  
钱海涛 牛 徽 李文博  
林伟宏 黄伟锋 程 鹏等  
张跃普  
宁炳文  
王 蜜  
张家涛 邓德波  
赵 江 何 洋  
程一林

# ELECTRIC ENGINEERING

(Automatic Control) No.6

## CONTENTS

### Automatic Control

- 1 Research and Application of AGC Control Optimization Under Deep Peak Shaving of 330 MW Thermal Power Units ..... MA Liang LIU Xiang WU Xuechong
- 3 Research on Boiler Bed Temperature Control Strategy Based on Fuzzy Neural Network ..... HU Xing HAN Lei
- 7 Energy Saving Control Method of Building Electrical Equipment Based on Adaptive Fuzzy Algorithm ..... LIU Ying
- 10 Design of Health Monitoring System for Hoisting Part of Mining Excavator\* ..... HE Junqiang JI Menglan
- 13 Research on Micro Inertial Measurement Unit\* ..... ZHANG Yan WANG Bo
- 16 SCR Flue Gas Denitration Control of Coal-fired Power Plant Based on SOA-PID ..... LIU Chunhui LIU Gang
- 18 Design of Test Platform of Ship Dynamic Control System Based on Virtual Instrument ..... YAN Gang WU Yiming YE Fengchao et al
- 22 Application of SSD590 All-digital DC Speed Regulating Device in Stainless Steel Cold Rolling Mill ..... ZHU Jianrong
- 28 Research and Implementation of a Self-diagnostic Mechanism for Nuclear-level Microchip Security Based on RM57L843 ..... CHEN Xiaoyong REN Zhenyao SHAN Jiangchuan et al
- 34 Dynamic Surface Control of Permanent Magnet Synchronous Motor Based on Load Torque Observer ..... SHA Yifan XIA Meizhen
- 38 Common Control Methods for Low-Voltage Apparatus ..... SHI Shangying HUANG Shiyu
- 42 Control Strategy of Inverter-level Virtual Synchronous Machine for Cascaded Power Electronic Transformer\* ..... WANG Xinlei ZHONG Jianwei TIAN Hao
- 44 Research on Intelligent Control Design of Sand Table Based on Distributed Control ..... WANG Huimi

### New Energy Systems and Equipment

- 47 Remaining Life Prediction Method of Lithium Battery Based on Health Factors ..... LI Haoping CHEN Xinyi ZHU Chengbiao et al
- 51 Calculation Method of Fuel Cloud Point Temperature in a Nuclear Power Plant ..... CHU Songliang JIA Xiaopan WANG Zhenzhong
- 55 Research on Islanding Detection Method for Distributed Photovoltaic Power Generation System ..... ZHANG Tao LI Zhiguang ZHAO Changming et al
- 58 Study on Power Supply Method for Energy Storage Battery ..... WEI Yang WANG Wanchun JIANG Miao et al
- 62 Research on Wind and Photovoltaics Maximum Consumption Strategy Considering Space-time Complementary Characteristics of Heterogeneous Energy Sources ..... ZHAN Peng ZHANG Zhongwei LIAN Yalong et al

### Artificial Intelligence and Sensing Technology

- 66 Selection of Fire Detector in Public Areas of Subway Stations ..... YAN Xiubao
- 68 Analysis and Research on Online Monitoring System of AC Power Supply in UHV Station ..... DING Jing DING Zhenhua WANG Lei et al
- 72 Brain-controlled Intelligent Navigation Robot Based on Motion Imagination ..... QIAO Min REN Yi GUO Xirong et al
- 76 Infrared Image Generation Technology and Application of Small Sample of Electrical Equipment Based on DAGAN ..... ZHANG Meifeng TAN Yikun CHEN Shijun et al
- 80 Research on Solving the Vehicle Routing Problem of Takeaway Delivery Vehicle with Time Window Based on Genetic Algorithm\* ..... XIA Zhongyu
- 84 Image Recognition Technology Based on Artificial Intelligence\* ..... LIU Meng LIU Jianyong HUANG Changyong et al
- 87 Research on Simulation Training System of UHVDC Converter Station Based on Digital Twin Technology ..... ZHANG Zipeng TIAN Ping LI Fenglong et al

### Power Automation

- 91 Load Scheduling Method of Smart Grid for Power Demand Side ..... CAO Min WEN Dong JIA Rongrong
- 94 Analysis Method of Multiple Asynchron Sample Transient Homology Waves ..... JIANG Xiaoliang FU Guoxin WANG Zheng

- 97 Robust Optimal Allocation of Microgrid Demand Response Based on Flexible Load Regulation\* ..... WANG Weirong CHEN Yangbo LIANG Zhonghao
- 100 Application Architecture of New Urban Power System Based on Digital Twin Technology\* ..... SHENG Kun WU Ziyang LI Zhiyong
- 104 Simulation Model of Energy Optimal Scheduling Among Distributed Smart Microgrid Clusters Based on Deep Neural Network ..... TAN Zhiguang YANG Xu HUANG Hongda et al
- 107 Optimal Scheduling of Microgrid Considering TOU Price Mechanism ..... LIU Jiaxin LI Yan
- 111 Multi-functional Campus Optimization Scheduling Based on 3D Kmeans-DDPG ..... WANG Xun WANG Zhong SHEN Haihua et al
- 118 Causes Analysis of DC Blocking Caused by the Unlocking of Three Stations and the Operation of the Third Station in Lugaozhao DC One-to-Two ..... LI Li TANG Yingzhang
- 121 Research on Intelligent Identification of Compound Interference in Electronic Communication System ..... YANG Liu
- 124 Applications of Deepwater Power Carrier Communications ..... LIANG Dechi WU Yongpeng ZHOU Shengjie
- 127 Research on High Resistance Grounding Protection of Flexible Grounding System ..... QIN Changsong

## Electrical Equipment

- 130 Research on Harmonic Suppression Control of Output Voltage of Three-Phase Three-Level Inverter\* ..... ZHU Wenjie XU Ying LI Yunfei et al
- 134 Influence of Pipe Geometry Parameters on the Performance of Bidirectional Flow Rectifier\* ..... ZHANG Chunyan YAN Ruixue LI Guofu et al
- 137 Reliability Design and Test of Domestic Embedded Protection Device ..... YANG Shengping FU Mingjun LIU Qiuju et al
- 141 A Case Analysis of 35 kV Fan Box Failure ..... LI Xiuqing WANG Chenxi
- 143 Analysis on the Importance of Correct Switching on and off of Relay Protection Pressing Plate ..... TAO Ruiji SUN Jian
- 147 Design of Disconnect Switch Fault Diagnosis System Based on Current Peak Area and Time Characteristics\* ..... HUANG Junfeng CHEN Fuguo WU Junhui
- 152 Energy Storage Fault Diagnosis Method Based on Closing Spring Force Signal of Circuit Breaker ..... WU Hexiang LI Bing LI Liang et al
- 158 Digital Transformation Practice of Substation Operation Inspection Based on Full Process Intelligent Control of Electrical Test ..... PAN Zhixin ZHANG Tianpei DONG Jiansheng et al
- 161 Fault Diagnosis of Inverter in UPS System Based on Convolutional Neural Networks ..... WANG Yu LI Shaojian HUANG Zengke et al
- 167 Research on a Composite Structure ICPT Wireless Charging System\* ..... ZHANG Di XIA Liwei HU Hongwei et al
- 172 Design and Practice of Crystal Oscillator Module for Smart Meter ..... YIN Zhangzhan YING Dongdong YANG Yinghui et al

## System Solution

- 175 Discussion on Measures to Reduce Grounding Resistance in Rock Foundation Sites ..... TANG Quanqing
- 177 Design and Research on Power Marketing Inspection Business Supervision System from the Perspective of Data Mining ..... HONG Yaning
- 180 Fault Analysis and Treatment of Low Voltage Box Edge Overheating of 500 kV ..... GAO Xuehong WANG Peng WEI Huixing et al
- 182 Research on Attitude Control Technology of Earth Pressure Balanced Rectangular Pipe Jacking ..... ZHONG Teng
- 186 Research on Necessity and Configuration of Joint Frequency Modulation of Electrical Energy Storage and Thermal Power Units in Zhejiang Province ..... CHEN Xilong BAI Yangzhen LIN Lijun
- 189 Troubleshooting Techniques for Boring Machine Lines ..... ZHANG Qingqing
- 192 Research and Discussion on Medium Voltage Distribution Technology for Super Large Bridge ..... DENG Jun
- 194 Discussion on Grounding Scheme of Urban (Suburban) Rail Transit Project with AC Power Supply System ..... LI Liang
- 197 Fuzzy Estimation of Power Quality Based on Synthetic Weight ..... ZHANG Qi SUN Li GUO Pei
- 200 Substation and Charging Station Deep Integration Solution of "Multi-Station Integration" ..... QIAN Haitao NIU Wei LI Wenbo
- 203 Analysis and Research on Heating Problem of Long-time Parking Equipment in Ground Over Phase Neutral Area ..... LIN Weihong HUANG Weifeng CHENG Peng et al
- 206 Application Analysis of Through Flow Transformation for C12-3.43 Type Condensing Steam Turbine ..... ZHANG Yuepu
- 209 Exploration of the Difficulties and Improvement Methods of 10(20) kV Distribution Network Feeder Combined Loop Power Transfer Across 500 kV Region ..... NING Bingwen
- 213 Risk Assessment Analysis of Transmission Network ..... WANG Mi
- 216 Application of Visual Grounding System in Zhengzhou Metro ..... ZHANG Jiatao DENG Debo
- 219 Redundant Point Filtering Algorithm for Fault Recording Data of Diesel Generator Set Based on Association Rules ..... ZHAO Jiang HE Yang
- 223 Research on Energy Saving Design Method for Electric Lighting in Metro Vehicle Base ..... CHENG Yilin