



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	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	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)67039621

**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:** 20.00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

自动控制

半月刊 1980年创刊

2022/18期(总第576期) 2022年9月25日出版

## 目次

### 自动控制

- 1 基于模糊内模控制的锅炉汽包水位控制仿真研究 邢胜林 瞿佳琪
- 4 工件喷涂计算机监控系统开发 姚彩虹
- 7 基于PLC的医用缝合针首尾识别分拣控制装置的设计\* 薛岚 张玮 侍寿永
- 10 基于云平台的城市轨道交通综合监控系统架构设计 胡信超 赵玉才 郑雷等
- 13 基于ZigBee的无线路灯系统故障诊断装置 龚俊名
- 16 基于PLC屋顶花园浇灌系统的设计与实现 陆大同 卢翠珍

### 人工智能与传感技术

- 19 小样本表计受潮算法训练研究 刘羽超 游俊良 尹海涛等
- 22 基于VR技术的高压线并线机器人研究 沈晨 刘飞 张剑等
- 25 基于机器视觉的变电站二次设备智能巡检方法 陈学伟 王伟 田新成等
- 28 水电机组声纹识别技术研究\* 陈茗 胡边 李靖
- 31 基于云计算的无线测温预警系统在风电场的运用 梁凯 王艳 李志伟

### 新能源系统与设备

- 34 面向新型电力系统的源网荷储一体化电力平衡方法研究 魏国民 何俊 熊凤龙
- 39 “光伏+高速公路”新能源开发方案探讨 蔡玮
- 41 汽轮机主汽门和再热汽门试验优化 黎斌 李晓正 张海洋等
- 44 平抑风电波动的混合储能优化配置及控制策略\* 燕妮 郭颂 施静容等
- 51 基于模型重构方法的新能源功率预测Web平台设计研究 朱健 罗瑛 赖晓路等
- 54 基于相空间重构和LSSVM的短期风速预测 莫如发
- 59 单相光伏并网逆变器设计 郭磊 李辉
- 63 基于蓄电池改进模型的均衡充电方法研究 陈宇 苏海涛 韩伟等
- 66 分布式太阳能光伏发电系统在文化设施中的工况\* 杨汝俊 范宗强 马永玲等
- 69 基于US06复合工况的动力电池SOC估计 张芳芳 强科亮 姜本杰
- 72 户用热泵供暖直流微电网控制策略研究\* 黄山 吴振奎 张自雷等

- 76 含光伏的油田井场直流微电网结构及其功率分配规律研究  
80 基于BiGRU和PF的锂电池SOC估计

王贵生 孙士奇 刘 军等  
周 丹 祝 乔 冯 雄等

## 电力设备

- 83 电器安全检测实训平台的研究  
86 南方电网某换流站线路开关控制回路的设计缺陷及改造方案分析  
89 发电机出口断路器储能电机频繁启停故障分析及处理  
91 ACS880变频器过流故障原因分析和解决方法  
93 10 kV配电变压器的故障诊断与分析  
95 直流电容器实际运行工况下的老化试验研究  
98 10 kV开关柜储能弹簧拆卸工具的研制  
101 数字化变电站远动装置通信异常分析与改进  
104 配网作业中10 kV发电车电缆引线绝缘支撑架的应用  
107 基于突发断电、断气情况的高位防护罩自锁装置  
110 变电站设备引流线快速定长装置的研制\*  
113 智能仪器仪表液晶驱动芯片应用设计

李 勇 王 玮 魏慧慧  
张卓杰 陈俊宇 王雨晨等  
汤 倩 杨忠友 步祯祯  
韩建生 陈 农  
王兴洪 王兴兵 邹 燃等  
胡啸宇 张晨晨 杨海涛等  
王 冲 李晓斌 董昱灿等  
李文明 李国杰 马盟军  
陈旭东 谢小刚 陈水源  
杨 恕 杨和霖 蔡培良等  
林逸伦 潘光辉 张 琦等  
宗志龙 肖琪经 司浩天等

## 电力自动化

- 116 基于服务调用和消息队列的营配数据集成方法及实现\*  
121 横联线电流比法在双边全并联AT供电牵引网故障测距的应用研究\*  
126 单元级联型多电平逆变电源研究与实现  
129 基于B/S架构的监控信息点表自动生成系统研究  
133 基于粒子群算法的含风电配电网无功优化研究\*  
135 调控一体化模式变电站遥信信号的采集与合并  
140 新型电力系统形势下基于负荷特性的负荷预测研究  
145 基于巴氏距离算法的风电场交直流并网系统送出线纵联保护\*  
152 支持跨安全接入区的前置运维系统设计与实现  
156 阶段任务系统故障树启发式变量排序研究  
161 原对偶内点算法对电力系统无功的优化分析  
164 基于HHO参数优化的SVM变压器故障诊断方法研究\*

张留留 贺 震 何鸣一等  
李 原 林国松 张 硕等  
刘 勇 徐 冬 邹志强等  
王朋飞 杨光辉 冯 豆等  
肖建华 李春亮 黄晓权等  
李立伟 李伊梦  
倪威中 何 俊 熊凤龙  
李大凤 束洪春 杨兴雄等  
曾锦程 谭志军 龚劲齐等  
赵学举  
王 飞  
赵 丹 胡 斌 马 珊

## 系统解决方案

- 169 高厂变差动速断保护动作跳闸分析及处理  
172 构建以新能源为主体的新型电力系统的发展路径研究  
175 M310机组DCS历史数据存储问题与改进策略  
179 太赫兹超材料阵列中耦合模式的动态控制  
182 数字孪生技术在主变状态检修中的应用分析  
185 基于Python软件的零序方向数字式继电保护仿真  
188 高原电气化铁路接地网故障诊断与定位研究  
191 高压电缆精益化管理提升的探索与实践  
195 基于Tricon平台的反应堆保护系统预防性维修策略优化  
199 煤矿井下电气作业安全管控解决方案  
203 关于电网技改大修项目成本的管理决策方法  
206 电力安装工程质量管理存在的问题与系统控制对策  
210 动叶可调式轴流风机动调漏油案例分析与处理

宗 锐  
张英杰  
叶爱爱  
田晨辰 文天龙 张怀武  
丁 冬 陆玉琪  
夏寅宇 丁煜飞 汪缪凡等  
邢 挺 卜建英 刘丽洲  
孟元美 李云鹏 倪康婷等  
王云翔 王 佳 陈乐融  
张 晶  
郁琰佳  
魏泽林  
陈 熙

# ELECTRIC ENGINEERING

(Automatic Control) No.18

---

## CONTENTS

### Automatic Control

- 1 Simulation Research on Boiler Water Level Control Based on Fuzzy Internal Model Control ..... XING Shenglin QU Jiaqi  
4 Development of Computer Monitoring System for Workpiece Spraying ..... YAO Caihong  
7 Design of Head and Tail Identification and Sorting Control Device of Medical Suture Needle Based on PLC\* ..... XUE Lan ZHANG Wei SHI Shouyong  
10 Architecture Design of Urban Rail Transit Integrated Supervision Control System Based on Cloud Platform ..... HU Xinchao ZHAO Yucai ZHENG Lei et al  
13 Fault Diagnosis Device of Wireless Street Lamp System Based on ZigBee ..... GONG Junming  
16 Design and Realization of Roof Garden Watering System Based on PLC ..... LU Datong LU Cuizhen

### Artificial Intelligence and Sensing Technology

- 19 Research on Algorithm Training of Small Sample Moisture Meter ..... LIU Yuchao YOU Junliang YIN Haitao et al  
22 Research on the Parallel Robot of High-voltage Line Based on VR Technology ..... SHEN Chen LIU Fei ZHANG Jian et al  
25 Intelligent Inspection Method for Secondary Equipment in Substation Based on Machine Vision ..... CHEN Xuewei WANG Wei TIAN Xincheng et al  
28 Study on Voiceprint Recognition Technology for Hydropower Units\* ..... CHEN Ming HU Bian LI Jing  
31 Application of Wireless Temperature Measurement Early Warning System in Wind Farm ..... LIANG Kai WANG Yan LI Zhiwei

### New Energy Systems and Equipment

- 34 Research on Integrated Power Balance Method of Source Network Load Storage for New Power System ..... WEI Guomin HE Jun XIONG Fenglong  
39 Discussion on New Energy Development Mode of "Photovoltaic + Expressway" ..... CAI Wei  
41 Test Optimization of Main Steam Valve and Reheat Steam Valve of Steam Turbine ..... LI Bin LI Xiaozheng ZHANG Haiyang et al  
44 Optimal Configuration and Control Strategy of Hybrid Energy Storage System for Smoothing Wind Power Fluctuations\* ..... YAN Ni GUO Song SHI Jingrong et al  
51 Design and Research on New Energy Power Prediction Web Platform Based on Model Reconstruction Method ..... ZHU Jian LUO Ying LAI Xiaolu et al  
54 Short Term Wind Speed Prediction Based on Phase Space Reconstruction and LSSVM ..... MO Rufa  
59 Design of Single Phase Photovoltaic Grid Inverter ..... GUO Lei LI Hui  
63 Research on Equalization Charging Method Based on Improved Battery Model ..... CHEN Yu SU Haitao HAN Wei et al  
66 Working Conditions of Distributed Solar Photovoltaic Power Generation System in Cultural Facilities\* ..... YANG Rujun FAN Zongqiang MA Yongling et al  
69 SOC Estimation of Power Battery Based on US06 Composite Condition ..... ZHANG Fangfang QIANG Keliang LOU Benjie  
72 Research on Control Strategy of DC Microgrid for Household Heat Pump Heating\* ..... HUANG Shan WU Zhenkui ZHANG Zilei et al  
76 Research on the Structure and Power Distribution Law of DC Microgrid in Oilfield Well Site with Photovoltaic ..... WANG Guisheng SUN Shiqi LIU Jun et al  
80 Estimation of Lithium Battery SOC Based on BiGRU and PF ..... ZHOU Dan ZHU Qiao FENG Xiong et al

### Electrical Equipment

- 83 Research on Training Platform of Electrical Safety Detection ..... LI Yong WANG Wei WEI Huihui  
86 Analysis of Design Defects and Transformation Scheme of Line Switch Control Circuit in a Converter Station of China Southern Power Grid ..... ZHANG Zhuojie CHEN Junyu WANG Yuchen et al  
89 Fault Analysis and Treatment for Frequent Start-stop Fault of Generator Circuit Breaker's Energy Storage Motor ..... TANG Qian YANG Zhongyou BU Zhenyi  
91 Cause Analysis and Solution of Overcurrent Fault of ACS880 Inverter ..... HAN Jiansheng CHEN Nong

- 93 Fault Diagnosis and Analysis of 10 kV Distribution Transformer ..... WANG Xinghong WANG Xingbing ZOU Ran et al
- 95 Study on Aging Test of DC Container under Actual Operating Conditions ..... HU Xiaoyu ZHANG Chenchen YANG Haitao et al
- 98 Development of Disassembling Tools for Energy Storage Spring in 10 kV Switch Cabinet ..... WANG Chong LI Xiaobin DONG Yucan et al
- 101 Analysis and Improvement of Communication Abnormality of Telecontrol Device in Digital Substation ..... LI Wenming LI Guojie MA Mengjun
- 104 Application of 10 kV Power Generation Vehicle Cable Lead Insulation Supporting Frame in Distribution Network Operation ..... CHEN Xudong XIE Xiaogang CHEN Shuiyuan
- 107 Research on Self-Locking Unit for High Level Protection Cover in Case of a Sudden Power or Gas Failure ..... YANG Shu YANG Helin CAI Peiliang et al
- 110 Development of Fast Length Fixing Device for Drainage Line of Substation Equipment\* ..... LIN Yilun PAN Guanghui ZHANG Qi et al
- 113 Application Design of LCD Driver Chips for Smart Instruments ..... ZONG Zhilong XIAO Qijing SI Haotian et al

## Power Automation

- 116 Design and Implementation of Marketing and Distribution Data Integration Based on Service Invocation and Message Queue\* ..... ZHANG Liulu HE Zhen HE Mingyi et al
- 121 Research on the Application of Cross-line Current Ratio for the Fault Location Method of Bilateral Cross-Coupling AT Feeding System\* ..... LI Yuan LIN Guosong ZHANG Shuo et al
- 126 Research and Realization of Units Cascaded Multilevel Inverter Power Supply ..... LIU Yong XU Dong ZOU Zhiqiang et al
- 129 Research on Automatic Generation System of Monitoring Information Point Table Based on B/S Architecture ..... WANG Pengfei YANG Guanghui FENG Dou et al
- 133 Research on Reactive Power Optimization of Distribution Network with Wind Power Based on Particle Swarm Optimization\* ..... XIAO Jianhua LI Chunliang HUANG Xiaoquan et al
- 135 Acquisition and Processing to Remote Letter Signal in Substation Under Dispatch-control Integrated Mode ..... LI Liwei LI Yimeng
- 140 Research on Load Forecasting Based on Load Characteristics Under the Situation of New Power System ..... NI Weizhong HE Jun XIONG Fenglong
- 145 Longitudinal Protection of Outgoing Line in AC/DC System of Wind Farm Based on Bhat-tacharyya Distance Algorithm\* ..... LI Dafeng SHU Hongchun YANG Xingxiang et al
- 152 Design and Implementation of Front Operation and Maintenance System Supporting Cross Secure Access Area ..... ZENG Jincheng TAN Zhijun GONG Shaoqi et al
- 156 Research on Heuristic Variable Ordering of Fault Tree in Phased Task System ..... ZHAO Xueju
- 161 Optimization Analysis of Reactive Power in Power System by Primal-dual Interior Point Algorithm ..... WANG Fei
- 164 Research on SVM Transformer Fault Diagnosis Method Based on HHO Parameter Optimization\* ..... ZHAO Dan HU Bin MA Shan

## System Solution

- 169 Analysis and Treatment of Tripping of Differential Quick Break Protection for High Voltage Auxiliary Transformer ..... ZONG Rui
- 172 Research on the Development Path of Building a New Electric Power System Based on New Energy Sources ..... ZHANG Yingjie
- 175 Problems and Improvement Strategies of M310 Unit DCS Historical Data Storage ..... YE Aiai
- 179 Dynamic Control of Coupled Modes in Terahertz Metamaterial Arrays ..... TIAN Chenchen WEN Tianlong ZHANG Huaiwu
- 182 Analysis of Digital Twin Technology in Main Transformer Condition-Based Maintenance ..... DING Dong LU Yuqi
- 185 Simulation of Zero Sequence Direction Digital Relay Protection Based on Python ..... XIA Yinyu DING Yufei WANG Miaofan et al
- 188 Research on Fault Diagnosis and Location of Grounding Grid of Plateau Electrified Railway ..... XING Ting BU Jianying LIU Lizhou
- 191 Exploration and Practice of Lean Management Improvement of High-voltage Cables ..... MENG Yuanmei LI Yunpeng NI Kangting et al
- 195 Optimization of Preventive Maintenance Strategy for Reactor Protection System Based on Tricon Platform ..... WANG Yunxiang WANG Jia CHEN Lerong
- 199 Solution for Safety Management and Control of Underground Electrical Operation in Coal Mine ..... ZHANG Jing
- 203 Management and Decision-making Method for the Cost of Power Grid Technical Renovation and Overhaul Project ..... YU Yanjia
- 206 Problems Existing in Quality Management of Electric Power Installation Engineering and Countermeasures for System Control ..... WEI Zelin
- 210 Case Analysis and Treatment of Oil Leakage in Movable Blade Adjustable Axial Flow Fan ..... CHEN Xi