



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·  
由佳欣 张施令 张镜议 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

2024/16期(总第622期) 2024年8月25日出版

## 目次

### 自动控制

- 1 锅炉汽包水位的控制策略研究 李思虎 侯宁
- 4 NNBI加速极电源控制系统分析与设计 王邓辉 冯虎林 何宝灿
- 8 核电厂ARMS系统调试及优化研究 廖凯锋 顾涛 李占华
- 12 基于四开关Buck-Boost的三模式平滑切换控制优化方法\* 吴莹 佟强
- 16 M310机组模拟机DCS组态批量自动更新研究 柳雪洁 刘建忠
- 19 在PLM系统中使用EDA软件自动生成装配明细的方法  
纪翔 董福广 孙越等
- 22 基于粒子群算法优化的汽车天窗改进型自抗扰控制\* 张陆贤 陈邱卓

### 新能源系统与设备

- 26 100 MW电化学储能电站调度与控制策略研究 高林龙
- 29 基于风速和风向序列的风资源中微尺度耦合评估模型\*  
李超 马俊鹏 王凯冉等
- 34 典型场景下充电负荷接入配变的影响分析方法  
陈玉蛟 张晓彤 张唤桥等
- 38 磷酸铁锂电池在电力应用中输出电流异常状态监测方法  
蒋仕平 代云飞 沙树勇
- 41 含分布式电源的下垂控制小信号建模分析 李潇凡
- 44 生成对抗网络及其在短期负荷预测中的应用综述\*  
张祖坤 朱瑞金 王纪元
- 50 基于改进指数模型的锂电池容量估计和RUL预测  
门庆玉 张柯柯 杨静等
- 54 考虑充电桩限制的电动汽车充电负荷预测 翟进乾 贾会东 黄延润
- 58 考虑相似日相关信息的基于FCM-UW-ADAGRU的超短期光伏预测方法\*  
施静辉 高翔 王瑞林
- 64 基于连续双向拍卖虚拟电厂竞价策略研究 曹玉媛 林卓鹏 何力宇
- 70 核电DCS系统故障分析与处理策略探讨 季诚
- 73 虚拟电厂参与电力市场交易机制研究\* 陈建宇 冯文韬 祁莹等

### 人工智能与传感技术

- 78 暗光环境下机械结构边缘检测算法的研究 介智登 张宏 谢霄
- 82 基于卷积神经网络的大型冷却塔风机故障识别方法 汤逸敏

86	基于Xception卷积与权重剪枝的轻量级短期负荷预测方法*	吴 涵	范元亮	林建利	等
91	基于可穿戴AR技术的变电站巡视系统的设计与实现	杨 熙	包时通	陆梦希	等
95	基于粗糙集神经网络的高压设备红外图像自动故障识别方法			刘 磊	
98	基于数字挖掘的计量废旧物资整理机械臂研究	沈 杰	王巨灏	杨昕宏	等
104	基于图像识别的特高压输电线路绝缘子闪络故障检测	宋 朋	孙成贤	陈柏文	
108	基于混沌理论的分布式光伏接入用户侧微电网多层次控制方法			黄秀平	

## 电力自动化

112	新型电力系统下的源网荷储协同控制方法研究			张 旭	赵 倩
115	电力多域量测元数据管理技术研究与应用	史金伟	周时颀	史英杰	等
121	多采样频率合并单元设计与实现	刘 鹏	刘东超	邓劲东	等
124	基于高精度故障录波器的中性点不接地系统的高阻接地分析*			李林娟	薛鹏飞
128	配网调度平台下智能信息报送及自动分析系统研发与应用	吴奇真	钟哲彦	凌华保	等
130	电气化铁路含软横跨站场接触网故障定位系统	杨三军	林国松	白建龙	等
134	基于馈线自动化的新型配电线路故障特征量自识别方法研究			陈俊梁	
137	基于关联规则算法的铁路供配电系统故障数据自动识别方法			陈世民	
140	基于时序库的分层存储技术设计与实现	夏健晖	孙 超	徐 丹	等
143	基于知识图谱的电力标准智能问答系统研究	刘沿娟	张栋栋	于海亮	等
147	配网供电风险分析应用设计与实践*	花 寅	陈晓薇	夏 栋	等
153	一种基于5G和ZETA LPWAN的并网点采集监控系统			梁剑峰	王学斌
156	远程负控物联网技术对云平台中电费回收的优化			杨燕平	刘倩倩

## 电力设备

160	500 kV电容式电压互感器内部故障分析及应对措施			栗家润	靳 迎
163	一种高压发生器XPSI板故障诊断方法*	周忠卫	孙家伟	蔡树向	等
168	高温再热器管蠕变剩余寿命和材质状态评估			刘佳伟	宋少平
171	某区域绝缘管型母线的现状分析与运维建议				李党红
175	基于贝叶斯网络的变压器故障诊断方法优化研究				周雪莹
178	一种智能电表硬件接口设计方案	郭健良	周伟波	张佳庚	等
181	湿海绵针孔检漏仪的量值溯源及标准装置的设计				赵斯衍
184	一起换流变压器分接开关档位故障分析	戴桂木	段小鹏	章玉杰	等
187	一种新型手车式发电机出口开关成套装置				田锋利
189	一起隔离开关发热故障诊断分析	张 恒	田 禄	张 锐	

## 系统解决方案

193	计及复杂配电网架的环网成图技术研究			林声远	林裕新
196	基于多特征综合配电网接地故障高灵敏性检测研究				李 瑛
200	500 kV主变异常跳闸的原因分析及处理			陈 根	赖 武
203	电力系统多应用场景统一平台的研究与建设	邵允慎	梁玉生	郭 维	等
209	基于超高压输电线路智能巡检的建筑物提取方法研究*	翟春雨	张国君	任雅茹	等
213	基于改进贝叶斯算法的继电保护中光纤通信通道故障定位			杨 剑	翟颖超
217	基于执行计划的Oracle SQL优化策略分析	孟 元	朱林超	郝井勋	等
220	基于TRIZ冲突解决理论的配电箱接地电阻测量创新设计*	谷永强	段豆豆	邱 帅	等
224	一种母线保护跳闸回路验证新方式	高 璐	余嘉彦	沈蛟骁	等
227	电力线双模通信技术的测试与评估方法研究	陆 欣	任学荣	赵金玉	等
231	水浸式与全氟已酮联合的储能消防方案	孙燕军	姜 涛	尹相宇	等

# ELECTRIC ENGINEERING

(Automatic Control) No.16

## CONTENTS

### Automatic Control

- 1 Study on Control Strategy of Boiler Drum Water Level ..... LI Enhu HOU Ning  
4 Design of Control System for NNBI Accelerator Power Supply ..... WANG Denghui FENG Hulin HE Baocan  
8 Study on Commissioning and Optimization of ARMS Systems in Nuclear Power Plants .....  
..... LIAO Kaifeng GU Tao LI Zhanhua  
12 Three-mode Smooth Switching Control Optimization Method Based on Four-switch Buck-Boost\* .....  
..... WU Xuan TONG Qiang  
16 Study on Batch Automatic Update of DCS Configuration of M310 Simulator ..... LIU Xuejie LIU Jianzhong  
19 Method of Automatically Generating Assembly Details Using EDA Software in PLM System .....  
..... JI Xiang DONG Fuguang SUN Yue et al  
22 Particle Swarm-Optimized Active Anti-disturbance Control of Automobile Sunroof\* ..... ZHANG Luxian CHEN Qiuzhuo

### New Energy Systems and Equipment

- 26 Study on Scheduling and Control Strategy of 100 MW Electrochemical Energy Storage Station ..... GAO Linlong  
29 A Meso/Micro-scale Coupled Evaluation Model for Wind Resources Based on Wind Speed and Direction Sequences\* .....  
..... LI Chao MA Junpeng WANG Kairan et al  
34 Method of Analyzing the Influence by Connection of Charging Load to Distribution Transformer in Typical Scenarios .....  
..... CHEN Yujiao ZHANG Xiaotong ZHANG Huanqiao et al  
38 Monitoring Method for Abnormal Output Current of Lithium Iron Phosphate Batteries in Power Applications .....  
..... JIANG Shiping DAI Yunfei SHA Shuyong  
41 Small Signal Modeling and Analysis of Droop Control with Distributed Power Sources ..... LI Xiaofan  
44 A Review of Generative Adversarial Networks and Their Application to Short-Term Load Prediction\* .....  
..... ZHANG Zukun ZHU Ruijin WANG Jiyuan  
50 Modified Exponential Model-based Capacity Estimation and RUL Prediction for Lithium-ion Batteries .....  
..... MEN Qingyu ZHANG Keke YANG Jing et al  
54 Electric Vehicle Charging Load Prediction Considering Limit of Charging Pile ..... ZHAI Jinqian JIA Huidong HUANG Yanrun  
58 FCM-UW-ADAGRU-based Ultra-short-term PV Prediction Considering Relevant Information of Similar Days\* .....  
..... SHI Jinghui GAO Xiang WANG Ruilin  
64 Continuous Bidirectional Auction-based Bidding Strategy of Virtual Power Plant .....  
..... CAO Yuyuan LIN Zhuopeng HE Liyu  
70 Discussion on Fault Analysis and Handling Strategies of Nuclear Power DCS System ..... JI Cheng  
73 Study on Trading Mechanism of Electricity Market Integrating Virtual Power Plant\* .....  
..... CHEN Jianyu FENG Wentao QI Ying et al

### Artificial Intelligence and Sensing Technology

- 78 Study on Algorithm for Edge Detection of Mechanical Structures in Low Light Environment .....  
..... JIE Zhideng ZHANG Hong XIE Xiao  
82 Convolutional Neural Network-based Fault Identification for Large Cooling Tower Fans ..... TANG Yimin  
86 Lightweight Short-term Load Forecasting Method Based on Xception Convolution and Weight Pruning\* .....  
..... WU Han FAN Yuanliang LIN Jianli et al  
91 Design and Implementation of Substation Inspection System Based on Wearable AR Technology .....  
..... YANG Xi BAO Shitong LU Mengxi et al  
95 Rough Set Neural Network-based Automatic Fault Identification for Infrared Images of High Voltage Equipment .....  
..... LIU Lei  
98 Study on Manipulator for Measurement Waste Material Sorting Based on Digital Twin Technology .....  
..... SHEN Jie WANG Juhao YANG Xinhong et al  
104 Image Recognition-based Detection of Insulator Flashover Faults in Ultra-high Voltage Transmission Lines .....  
..... SONG Peng SUN Chengxian CHEN Bowen  
108 A Multi-level Control Method for Distributed Photovoltaic Access to User-side Microgrid Based on Chaos Theory .....  
..... HUANG Xiuping

### Power Automation

- 112 Study on Source-Grid-Load-Storage Collaborative Control in New Power Systems ..... ZHANG Xu ZHAO Qian

115	Development and Implementation of Metadata Management Technology for Power Multi-scenario Measurement	SHI Jinwei ZHOU Shijie SHI Yingjie et al
121	Design and Implementation of Multi-sampling-frequency Merging Unit	LIU Peng LIU Dongchao DENG Jindong et al
124	Analysis on High-resistance Grounding of Neutral Ungrounding Systems Based on High-precision Fault Indicator*	LI Linjuan XUE Pengfei SHI Ji
128	Development and Application of Intelligent Information Reporting and Automatic Analysis System for Distribution Network Dispatching Platform	WU Qizhen ZHONG Zheyang LING Huabao et al
130	Catenary Fault Location System for Electrified Railway Yard with Soft Suspension	YANG Sanjun LIN Guosong BAI Jianlong et al
134	Feeder Automation-based Self Identification of Fault Specific Variables for New-type Distribution Lines	CHEN Junliang
137	Association Rule Algorithm-based Automatic Identification of Fault Data in Railway Power Supply and Distribution System	CHEN Shimin
140	Design and Implementation of Stratified Storage Technology Based on Time-sequential Databases	XIA Jianhui SUN Chao XU Dan et al
143	Knowledge Graph-based Intelligent Q&A System for Power Standards	LIU Yanjuan ZHANG Dongdong YU Hailiang et al
147	Design and Practice of Distribution Network Power Supply Risk Analysis Software*	HUA Yin CHEN Xiaowei XIA Dong et al
153	5G and ZETA LPWAN-based Collection and Monitoring System for Grid Connection Points	LIANG Jianfeng WANG Xuebin LI Xiaofeng
156	Optimization of Electricity Fee Collection in Cloud Platforms Using the Combination of Remote Load Control and IoT Technology	YANG Yanping LIU Qianqian

## Electrical Equipment

160	Analysis and Countermeasures of an Internal Fault Encountered by an Actual 500 kV Capacitive Voltage Transformer	LI Jiarun JIN Ying LI Hui
163	A Method of Diagnosing Faults of High-voltage Generator XPSI Boards*	ZHOU Zhongwei SUN Jiawei CAI Shuxiang et al
168	Estimation of Creep Residual Life and Material State of High-temperature Reheater Tubes	LIU Jiawei SONG Shaoping ZHENG Fangping
171	Analysis of the Current Situation of Insulated Tubular Busbars in a Certain Region and Suggestions for Operation and Maintenance	LI Danghong
175	Bayesian Mesh-based Optimization of Transformer Fault Diagnosis	ZHOU Xueying
178	A Design Scheme for OSM Interface of Intelligent Electricity Meters	GUO Jianliang ZHOU Weibo ZHANG Jiageng et al
181	Traceability of Measured Values and Design of Standard Devices for Wet Sponge Pinhole Leak Detectors	ZHAO Sikan
184	Analysis of a Case of Tap Fault Encountered by a Tap Changer of an Actual Converter Transformer	DAI Guimu DUAN Xiaopeng ZHANG Yujie et al
187	New Apparatus Design of Generator Outlet Handcart-type Switch	TIAN Fengli
189	Diagnosis and Analysis of a Case of Disconnecter Heating Fault	ZHANG Heng TIAN Lu ZHANG Rui

## System Solution

193	Study on Ring Network Mapping Technology Adaptable for Complex Distribution Network Frameworks	LIN Shengyuan LIN Yuxin CAI Jianyi
196	Study on Highly Sensitive Detection of Grounding Faults in Multi-feature Integrated Distribution Networks	LI Ying
200	Cause Analysis and Handling of Abnormal Tripping of 500 kV Main Transformer	CHEN Gen LAI Wu
203	Development and Construction of Multi-scenario-integrated Platform for Power Systems	SHAO Youshen LIANG Yusheng GUO Wei et al
209	Study on Building Extraction Method for Intelligent Inspection of Ultra High Voltage Transmission Lines*	ZHAI Chunyu ZHANG Guojun REN Yaru et al
213	Fault Location of Fiber Optic Communication Channel in Relay Protection Based on Improved Bayesian Algorithm	YANG Jian ZHAI Yingchao ZHAI Junyi
217	Oracle SQL Optimization Strategy Analysis Based on Execution Plan	MENG Yuan ZHU Linchao HAO Jingxun et al
220	Innovative Design of Grounding Resistance Measurement for Distribution Boxes Theoretically Inspired by TRIZ Conflict Resolution*	GU Yongqiang DUAN Doudou QIU Shuai et al
224	A New Method for Verifying Busbar Protective Tripping Circuits	GAO Lu YU Jiayan SHEN Jiaoxiao et al
227	Study on Test and Evaluation Methods of Power Line Dual-mode Communication Technology	LU Xin REN Xuerong ZHAO Jinyu et al
231	Energy Storage Firefighting Scheme Combining Immersion and Perfluorohexanone	SUN Yanjun JIANG Tao YIN Xiangyu et al