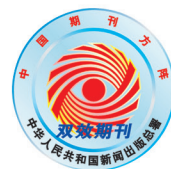


# 电工技术

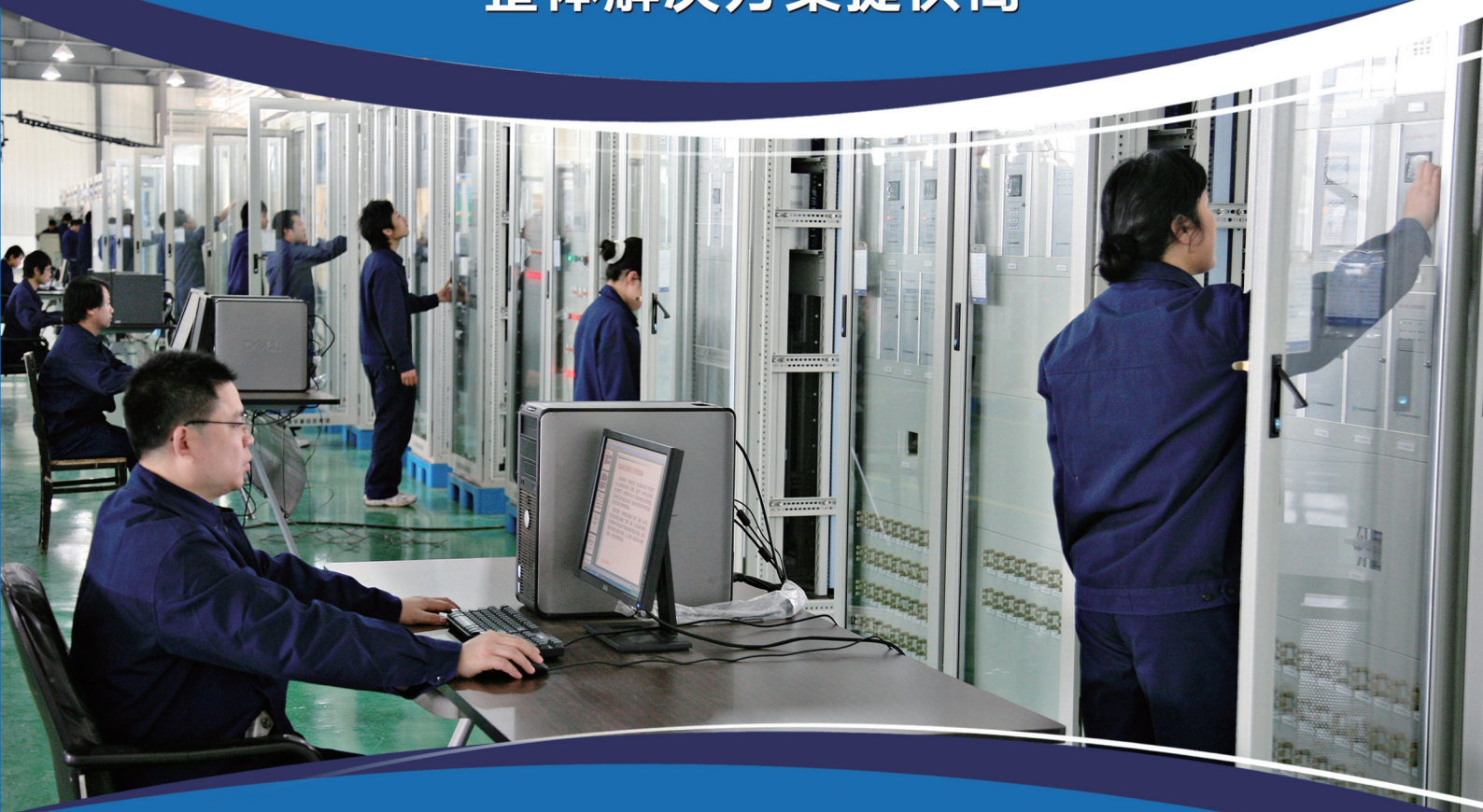
## ELECTRIC ENGINEERING



### 2021/8

### HNAC 华自科技

## 具有总包能力的电力自动化 整体解决方案提供商



方案设计



产品制造



设备安装



增值服务



华自科技股份有限公司 (股票简称: 华自科技 股票代码: 300490)

HNAC TECHNOLOGY CO., LTD.

电话: 0731-88238888转8402

网址: www.cshnac.com 邮箱: hnac@cshnac.com

地址: 湖南省长沙市高新区麓谷麓松路609号

关注官方微信号, 回复“杂志”赢礼品!

ISSN 1002-1388



9 771002 138213



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:**

李 剑

**委员:**

曹永兴	董张卓	杜 雄
房兆源	侯兴哲	汲胜昌
李 辉	李 勇	李志军
刘 健	吕干云	梅生伟
朴昌浩	谭向宇	唐 震
王志新	杨国华	杨仕友
张晓星	张志劲	郑 涛

**执行委员:**

陈民武	邓 军	郝 建
李军徽	李永福	刘 刚
刘继权	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 涛	张施令
张镜议	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

**邮发代码:** 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

2021/8期(总第542期) 2021年4月25日出版

## 目 次

### 自动控制

- |    |                           |              |
|----|---------------------------|--------------|
| 1  | 基于PID控制算法的烧结炉温度控制         | 王卫国 张 锁 冯 浩  |
| 3  | 500 kV海底电缆油泵站远程监控系统研究     | 吴 聪 张维佳 黄小卫等 |
| 5  | 两台互为备用泵的自动切换控制系统          | 兰 洲          |
| 7  | 酿造车间阀阵自动控制系统              | 黄 雨          |
| 10 | DCS系统在废液处理中心的应用           | 许 杰 刘辰龙 白 泽等 |
| 13 | 基于FPWIN Pro自定义功能块的制作及应用   | 康文波          |
| 16 | 基于观测器的永磁同步电机二阶滑模速度控制      | 薛高博 黄宴委      |
| 19 | 基于FX3U PLC的弧形立库控制系统应用研究*  |              |
|    |                           | 郝达跃 王 帅 姚晓宁  |
| 23 | 时间激活控制在电力物联网终端中的应用        | 葛雅川 吕佩吾 李 楠等 |
| 25 | DP网络通信故障的自动诊断             | 高路萍 曹祥林 付 斌  |
| 28 | 基于ZigBee继电器式单火线智能开关的研发和设计 | 吴 彬 何 莉      |
| 31 | 一种可变速拓扑隔离型DC/DC变换器        | 廖建军 黄 超      |

### 人工智能与传感技术

- |    |                            |              |
|----|----------------------------|--------------|
| 34 | 混合粒子群算法在变电站巡检机器人缺陷定点跟踪上的应用 | 张永涛 张 轲 马 季  |
| 36 | 基于Hog特征的配网工程智慧工地门禁系统*      | 邹媛媛 练文广 黄健光等 |

### 新能源系统与设备

- |    |                        |              |
|----|------------------------|--------------|
| 40 | 光伏电站接入配电网的控制保护         | 季 亮          |
| 42 | 基于荷-储协同的电热微网光伏消纳方法     | 叶冬挺 陈安鹏 丁 婧等 |
| 45 | 基于云计算的多源电力系统控制策略研究*    | 耿 鑫 闫群民 徐文韬等 |
| 48 | 基于小波变换的随机森林模型风力发电预测方法  |              |
|    |                        | 王阳光 徐 民 邓小亮等 |
| 51 | 广东省海上风电项目的投资评估分析       | 陈佳扬 王嘉音      |
| 53 | 核电厂乏池液位计热扩散测量模型研究      | 魏祖荣 王五妹 刘 政等 |
| 55 | 基于电力大数据技术的泛在电力物联网应用研究* |              |
|    |                        | 朱 辉 张玉朋 崔克刚  |
| 59 | 基于双层规划的可再生能源-储能协同规划研究* |              |
|    |                        | 杨昊天 徐嘉杰 孙叶舟等 |
| 62 | 华龙一号地坑贯穿件的设计与研究        | 刘 虎 王 超 王兰兰等 |



## 电力设备

- |    |                          |              |
|----|--------------------------|--------------|
| 65 | 红外测温技术在主变检测中的应用          | 罗光辉 董超群 黄银龙等 |
| 66 | 基于LoRa的电缆无线测温装置设计与实现     | 常叶枫 尚文迪 张 强  |
| 69 | 一种AC/DC开关电源的模块化设计        | 丁国臣 张 芳 杨晓霞等 |
| 72 | 发电机出口PT断线故障分析与探讨         | 王欢欢          |
| 75 | 电压监测仪自检系统研究              | 况 华 何 觅 王红梅等 |
| 77 | 220 kV变压器本体轻瓦斯保护故障分析     | 刘学武 王国伟 王东东  |
| 79 | 误操作引起智能变电站继电保护误动分析       | 赵通汉          |
| 81 | 电力变压器直流电阻测量方法分析          | 李 峰 江栋才 黄谱章  |
| 83 | 高灵活可靠的单导线出线实训装置研制        | 张 佳 吾汉新 李 健等 |
| 86 | 基于单片机智能防触电装置的研究与设计       | 高延冰          |
| 88 | 特高压变电站设备构造仿真培训系统设计与应用    | 刘一格 吴海宏 段先锋  |
| 91 | 继电保护实训室保护装置打印信息智能管理系统的研究 | 吴培涛 杨家华 余金花等 |
| 94 | 三相四线表出现单相失压两相线电压原因分析     | 邓得政 隋玉珊      |
| 96 | 火电厂电动给水泵调速方式的研究和应用       | 王爱林 吴广卫      |

## 电力自动化

- |     |                            |              |
|-----|----------------------------|--------------|
| 99  | 500 kV变电站直流系统接地故障的分析与处理    | 张珂卫 屈乾达 陈小平等 |
| 101 | 电力营销域反窃电智能系统的应用与研究         | 张春梅 李文虎      |
| 104 | 基于电力载波通信的道路照明智能控制系统设计      | 彭建军          |
| 106 | 一种电力设备差异化分级监视方法及系统         | 廖 华 钟文明 陈方之等 |
| 109 | 高压电缆多状态量在线监测设计与实现          | 王金双 周 弋 郭大鹏等 |
| 112 | 基于变电站二次回路的自动对点技术研究         | 郭 涛 李志超 胡 斌  |
| 115 | 一起站用400 V备自投装置报警故障分析       | 李 莎 朱华林      |
| 117 | 双重化配置主保护更换分步带负荷测试技术方案      | 徐春新 李梦琪 姜俊峰等 |
| 120 | 一种配网图形异动部分发布的实现方法          | 潘安伟 杨星星 厉 超等 |
| 122 | 基于配调集约化的配网调度运行管理提升*        | 吴龙腾 董 镔 杨民京等 |
| 124 | 基于相关系数的变电站直流综合告警信号设计与实现    | 娄德章 王 浩 王功臣等 |
| 127 | 基于深度学习的SIM卡异常用户监控与预警       | 陈 新 叶 焯 陈 婷等 |
| 129 | 高压输电线路避雷器安装与更换带电作业自动化技术研究  | 冯 玉 吴少雷 周 玲等 |
| 131 | 具有功率要求的开关量采集回路设计和实现        | 吴 焱          |
| 134 | 基于综合负荷模型的南疆电网故障拟合仿真分析      | 王 衡 李 渝 孙谊嫔等 |
| 136 | 基于数据分析的台区线损率异常判断方法         | 倪瑞明 任佳瑜      |
| 140 | 基于较高采样频率的MATLAB的微机保护傅氏算法仿真 | 韩 笑 王 凡 孙 杰等 |
| 143 | 基于OSG的换流站二三维融合监视技术         | 胡剑锋 刘 佩 周季峰  |
| 146 | 融合负荷和气温周期性特征的短期负荷预测方法*     | 黄冬梅 唐 振 胡安铨等 |

## 系统解决方案

- |     |                           |              |
|-----|---------------------------|--------------|
| 150 | 红外线成像技术在电气设备维护中的运用        | 杨智勇          |
| 152 | 基于多维信息芜湖电网运行风险研究          | 洪云凤 张向阳 潘文虎等 |
| 154 | 降低海南核电人员闸门机械故障率           | 黄金勇 周晨曦      |
| 156 | 智能变电站二次设备智能验收系统设计与实现      | 谢国强 熊华强 邹 丽等 |
| 160 | 电网500 kV输变电新设备投运启动分析及注意事项 | 郁景礼 郭修杰 张 峰  |
| 163 | 基于WinCC平台的台区线损异常监测系统开发*   | 王巨灏 蔡嘉辉 王 琨等 |
| 166 | 基于优化机组燃烧配风的脱硝系统优化         | 唐恒轶 范雪龙      |
| 169 | 基于行波的10 kV自闭贯通故障原因辨识研究    | 蒋少军          |

# ELECTRIC ENGINEERING

(Automatic Control) No.8

## CONTENTS

### Automatic Control

- 1 Temperature Control of Sintering Furnace Based on PID Control ..... WANG Weiguo ZHANG Suo FENG Hao  
3 Research on Remote Monitoring System of 500 kV Submarine Cable Oil Pump Station .....  
..... WU Cong ZHANG Weijia HUANG Xiaowei et al  
5 Automatic Switching Control System for Two Mutually Standby Pumps ..... LAN Zhou  
7 Automatic Control System of Valve Array in Brewing Workshop ..... HUANG Yu  
10 Application of DCS System in Waste Liquid Treatment Center ..... XU Jie LIU Chenlong BAI Ze et al  
13 Making and Application of Custom Function Block Based on FPWIN Pro ..... KANG Wenbo  
16 Observer-based Second Order Sliding Mode Speed Control of Permanent Magnet Synchronous Motor .....  
..... XUE Gaobo HUANG Yanwei  
19 Application Research of Arc-shaped Warehouse Control System Based on FX3U PLC\* .....  
..... HAO Dayue WANG Shuai YAO Xiaoning  
23 Application of Time Activated Control in Power IoT Terminals ..... GE Yachuan LV Peiwu LI Nan et al  
25 Automatic Diagnosis of DP Network Communication Fault ..... GAO Luping CAO Xianglin FU Bin  
28 Research and Design of Single Fire Wire Intelligent Switch Based on ZigBee Relay ..... WU Bin HE Li  
31 A Isolated DC/DC Converter with Variable Topology ..... LIAO Jianjun HUANG Chao

### Artificial Intelligence and Sensing Technology

- 34 Application of Hybrid Particle Swarm Algorithm in Defect Fixed Point Tracking Function of Substation Inspection  
Robot ..... ZHANG Yongtao ZHANG Ke MA Ji  
36 Smart Site Access Control System for Distribution Network Engineering Based on Hog Feature\* .....  
..... ZOU Yuanyuan LIAN Wenguang HUAN Jianguang et al

### New Energy Systems and Equipment

- 40 Control and Protection of Photovoltaic Power Station Connected to Distribution Network ..... JI Liang  
42 Research on Photovoltaic Consumption of Combined Heat and Power Microgrid Based on Load-storage Coordination  
..... YE Dongting CHEN Anpeng DING Jing et al  
45 Research on Control Strategy of Multi-source Power System Based on Cloud Computing\* .....  
..... GENG Xin YAN Qunmin XU Wentao et al  
48 Random Forest Model of Wind Power Forecasting Based on Wavelet Transform ..... WANG Yangguang XU Min DENG Xiaoliang et al  
51 Investment Assessment and Analysis of Offshore Wind Power Projects in Guangdong Province .....  
..... CHEN Jiayang WANG Jiayin  
53 Research on Thermal Diffusion Measurement Model of Spent Fuel Pool Level Gauge in Nuclear Power Plant .....  
..... WEI Zurong WANG Wumei LIU Zheng et al  
55 Research on Application of Ubiquitous Power Internet of Things Based on Power Big Data Technology\* .....  
..... ZHU Hui ZHANG Yupeng CUI Kegang  
59 Research on Renewable Energy-Energy Storage Cooperative Planning Based on Bi-level Programming\* .....  
..... YANG Haotian XU Jiajie SUN Yezhou et al  
62 Design and Research of Pit Penetration for HPR1000 ..... LIU Hu WANG Chao WANG Lanlan et al

### Electrical Equipment

- 65 Application of Infrared Temperature Measurement in Transformer Detection .....  
..... LUO Guanghui DONG Chaoqun HUANG Yinlong et al  
66 Design and Implementation of Wireless Temperature Measurement Device for Power Cable Based on LoRa .....  
..... CHANG Yefeng SHANG Wendi ZHANG Qiang  
69 A Modular Design of AC/DC Switching Power Supply ..... DING Guochen ZHANG Fang YANG Xiaoxia et al  
72 Analysis and Discussion on PT Disconnection Fault at Generator Outlet ..... WANG Huanhuan  
75 Research on Self-Checking System of Voltage Monitor ..... KUANG Hua HE Mi WANG Hongmei et al  
77 Fault Analysis of Light Gas Protection for 220 kV Transformer Body .....  
..... LIU Xuewu WANG Guowei WANG Dongdong

- 79 Analysis of Relay Protection Misoperation in Intelligent Substation Caused by Misoperation ..... ZHAO Tonghan  
81 Analysis of Measurement Methods for DC Resistance of Power Transformer .....  
..... LI Feng JIANG Dongcai HUANG Puzhang  
83 Development of High Flexible and Reliable Training Device for Single Wire Outgoing Line .....  
..... ZHANG Jia WU Hanxin LI Jian et al  
86 Research and Design of Intelligent Anti-electricity Shock Device Based on MCU ..... GAO Yanbing  
88 Design and Application of Equipment Structure Simulation Training System for UHV Substation .....  
..... LIU Yige WU Haihong DUAN Xianfeng  
91 Research on Intelligent Management System of Printing Information of Protection Device in Relay Protection Training  
Room ..... WU Peitao YANG Jiahua YU Jinhua et al  
94 Analysis of Single-Phase Voltage Loss and Two-Phase Line Voltage in Three-Phase Four-Wire Meter .....  
..... DENG Dezheng SUI Yushan  
96 Research and Application of Speed Regulation Mode of Electric Feed Water Pump in Thermal Power Plant .....  
..... WANG Ailin WU Guangwei

## Power Automation

- 99 Analysis and Treatment of Grounding Fault in DC System of 500 kV Substations .....  
..... ZHANG Kewei QU Qianda CHEN Xiaoping et al  
101 Application and Research of Anti-Stealing Intelligent System in Power Marketing Domain .....  
..... ZHANG Chunmei LI Wenhui  
104 Design of Intelligent Control System for Road Lighting Based on Power Line Carrier Communication .....  
..... PENG Jianjun  
106 A Differential Classification Monitoring Method and System of Power Equipment .....  
..... LIAO Hua ZHONG Wenming CHEN Fangzhi et al  
109 Design and Realization of Online Monitoring of High Voltage Cable Multi-state .....  
..... WANG Jinshuang ZHOU Yi GUO Dapeng et al  
112 Research on Automatic Point Alignment Technology Based on Substation Secondary Circuit .....  
..... GUO Tao LI Zhichao HU Bin  
115 Analysis of an Alarm Fault of 400 V Auxiliary Power Automatic Switching Device ..... LI Sha ZHU Hualin  
117 Technical Scheme of Load Tests for Replacing Main Protections with Dual Configuration .....  
..... XU Chunxin LI Mengqi JIANG Junfeng et al  
120 An Implementation Method of Partial Release of Distribution Network Graph Changes .....  
..... PAN Anwei YANG Xingxing LI Chao et al  
122 Improvement of Distribution Network Dispatching Operation Management Based on Intensive Distribution Grid\* .....  
..... WU Longteng DONG Kai YANG Minjing et al  
124 Design and Implementation of Substation DC Integrated Alarm Signal Based on Correlation Coefficient .....  
..... LOU Dezheng WANG Hao WANG Gongchen et al  
127 Monitoring and Warning of Abnormal SIM Card Users Based on Deep Learning ..... CHEN Xin YE Ye CHEN Ting et al  
129 Research on Live Working Automation Technology for Installation and Replacement of Arrester on High Voltage  
Transmission Line ..... FENG Yu WU Shaolei ZHOU Ling et al  
131 Design and Implementation of Switch Data Acquisition Circuit with Power Requirement ..... WU Yan  
134 Simulation Analysis of Fault Fitting in Nanjiang Power Grid Based on Comprehensive Load Model .....  
..... WANG Heng LI Yu SUN Yiqian et al  
136 Abnormal Judgment Method of Line Loss Rate in Substation Area Based on Data Analysis ..... NI Ruiming REN Jiayu  
140 Simulation of Fourier Algorithm of Microcomputer Protection Based on High Sampling Frequency by MATLAB .....  
..... HAN Xiao WANG Fan SUN Jie et al  
143 OSG-based 2D and 3D Fusion Monitoring Technology for Converter Stations ..... HU Jianfeng LIU Pei ZHOU Jifeng  
146 A Short-term Load Forecasting Method Combining Load and Temperature Periodicity\* .....  
..... HUANG Dongmei TANG Zhen HU Anduo et al

## System Solution

- 150 Application of Infrared Imaging Technology in Electrical Equipment Maintenance ..... YANG Zhiyong  
152 Research on Operation Risk of Wuhu Power Grid Based on Multidimensional Information .....  
..... HONG Yunfeng ZHANG Xiangyang PAN Wenhui et al  
154 Reducing the Mechanical Failure Rate of the Gate of Hainan Nuclear Power Plant Personnel Gates .....  
..... HUANG Jinyong ZHOU Chenxi  
156 Design and Implementation of Intelligent Acceptance System for Secondary Equipment in Intelligent Substation .....  
..... XIE Guoqiang XIONG Huaqiang ZOU Li et al  
160 Analysis and Precautions for Commissioning of New 500 kV Transmission and Transformation Equipment in Power  
Grid ..... YU Jingli GUO Xiujie ZHANG Feng  
163 Development of Monitoring System for Abnormal Line Loss in Station Area Based on WinCC Platform\* .....  
..... WANG Juhao CAI Jiahui WANG Kun et al  
166 Optimization of Denitration System Based on Optimized Combustion Air Distribution ..... TANG Hengyi FAN Xuelong  
169 Study on Cause Identification of 10 kV Self Closing Through Fault Based on Traveling Wave ..... JIANG Shaojun