



电工技术 官方微信

主管/主办单位: 重庆西南信息有限公司  
(原科技部西南信息中心)  
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	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:

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

邮发代号: 78-61  
每期定价: 15.00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 电力电气 电工技术

DIAN GONG JI SHU

半月刊 1980年创刊

总第525期 2020年8月10日出版

## 目次

### 理论研究

- 1 回路电感对直流断路器并联开断性能影响的研究  
肖凤良 谢文刚 李伟 等
- 5 城轨车辆永磁同步牵引系统的仿真研究  
孙越 孟凡顺 胡继胜
- 9 基于无功功率的逆变器LC滤波器参数设计  
吴奥 董锋斌 荔凡凡 等
- 13 基于灵敏度分析的主站AVC与风电场SVC联调策略研究  
王宏 康春雷 徐洪涛 等
- 16 基于遗传算法的配电网无功补偿装置优化配置策略研究\*  
张华赢 李鸿鑫 艾精文 等
- 21 基于模态分析的城轨交流牵引系统谐波谐振研究\*  
张丽艳 杨亮辉
- 26 基于多因素影响的母线负荷预测系统设计及应用  
马伟哲 江欣明 程初俐 等
- 29 一种隔离型多端口直流-直流模块化多电平变换器\*  
许颖飞 金林 王昆 等
- 33 一种基于虚拟阻抗的HAPF谐振抑制方法  
高敏 杨磊 杨家强
- 37 具有良好负载适应性的软开关电流混合控制单相逆变器  
芦耀辉 张德华
- 41 基于小波变换和极限学习机的电能质量扰动分类  
薛正爱 黄陈蓉 张建德 等
- 44 断路器虚拟控制器的模拟设计及验证  
刘鑫

### 输配电工程

- 46 总变电站35 kV单相接地故障判断和处理  
李丽 李延磊 郝海明
- 48 数据中心变电所10 kV备自投误动作故障分析  
肖阳
- 50 枢纽牵引供电系统谐波特性分析  
赵越
- 53 一起复杂的220 kV输电线路故障分析  
廖惠琴 成佳富 罗振华
- 55 一起撬装变高压侧反相序变压器差动保护分析  
刘睿靖 曹举 卢鹏飞 等
- 58 在高压架空线路钢管杆上加装防坠落装置的研究与应用  
何海勇
- 61 民用建筑充电桩配电系统设计  
王云奇
- 64 基于双尺度特征的铁路接触网吊弦检测  
胡碟 金炜东 唐鹏

## 电气设备

- 69 基于电阻系数法的10 kV油浸式变压器铜绕组材质鉴别研究 冯彪 蒋强 袁勋 等
- 71 利用继电器模块实现同时控制各电压等级开入的试验方法研究 王俊辉 魏芳 王彩丽 等
- 74 欠励限制与失磁保护配合校验方法的研究 张红栋
- 77 新型宽幅调压配电变压器的本体设计与关键技术研究 陈治廷 周浩然 邱静雯 等
- 80 主变冷却器二次控制回路研究 高海龙 张治 刘鑫 等
- 82 变压器吸湿器的选型 梁平 徐华
- 84 220 kV母线倒闸误操作引起的PT反充电事件分析 钟文华 李增辉
- 86 特高压隔离开关传动连杆的裂痕分析 梁向阳 刘祐良 张高峰 等
- 89 开关柜机构二次回路故障快速定位装置的设计\* 刘宽 赵文东 潘光辉 等
- 92 三相组合式变压器内部引线连接方案探讨 柴星海 朱艺 赵春 等
- 94 用于电网消费侧旋转机械装置在线监测的数据采集装置研制 卢德龙 王巨灏 刘志闯
- 97 一种采用DAB接口的锂电池储能不间断电源 龙云波 张曦 张持
- 100 隔离开关顶部法兰发热原因分析 罗光辉 黄银龙 赵胜男 等
- 102 变频串联谐振电缆耐压的实际应用 孙军威
- 104 输电线路雷电防护设备雷击监测装置的研制与应用 梁富光 伍鹏 张强 等
- 108 变压器感应耐压试验方法探析 邱林涛 廖志锋 胡伟 等

## 高压与绝缘技术

- 111 基于泄漏电流的电缆绝缘老化在线检测研究\* 孙凯 雷享 李大银 等
- 114 特高压变压器一次注流试验绕组电流分析 朱玉林
- 117 ZS1型开关柜绝缘测量中的问题及解决策略 苏小军
- 119 新疆750 kV网架对西部特高压同步电网的适应性分析\* 吴刚 张述铭
- 123  $\pm 800$  kV换流站直流线路分压器二次分压板电阻失效原因分析 李浩 杨光 孙豪
- 126 基于磁致伸缩导波技术的GIS穿墙套管腐蚀检测仪器 蒙正朝 梁沁沁 林朝扶 等
- 130 共用接地极引起站内接地网过流保护76SG动作事件分析及防控 陈蔚东
- 132 双支等高避雷针保护范围计算 董圣英 韩烨华 张媛媛
- 134 10 kV架空配电线路加装避雷线的研究与应用 康善斌 许凌霄 康刚

## 电机

- 137 基于双PWM变换器的永磁同步电机模拟 金阳 毕大强 覃甫军 等
- 141 基于模糊逻辑系统的行波型超声波电机速度/位置控制研究 陈柄汛 尹伊琳
- 145 汽轮发电机轴电压产生的原因和解决方法 魏文 郭景鸿 黄家城

## 发电厂

- 147 核电厂应急电源系统的电气保护分析 王波
- 150 核电厂低压配电系统接地故障保护分析及改进探讨 游艺

## 智能信通技术

- 153 电缆隧道在线监测应用探究 刘执权
- 156 输电线路智能机巡系统研究与应用 张丙珍 杨鹤猛 周筑博 等
- 160 基于供电资源动态规划的5G基站产业发展的探究 黄志洪 范丹如 刘浩
- 162 基于自组织特征映射的配电线路巡视周期分类研究 张宇泽 何亚樵 吴杰 等

# ELECTRIC ENGINEERING

(Electric Power) No.15

---

## CONTENTS

### Theoretical Research

- 1 Research on the Influence of Loop Inductance on DC Circuit Breaker Parallel Breaking Performance.....XIAO Fengliang XIE Wengang LI Wei et al
- 5 Simulation Research on Permanent Magnet Synchronous Traction System of Urban Rail Vehicle.....SUN Yue MENG Fanshun HU Jisheng
- 9 Parameter Design of Inverter LC Filter Based on Reactive Power.....WU Ao DONG Fengbin LI Fanfan et al
- 13 Research on the Joint Commissioning Strategy of Main Station AVC and Wind Farm SVC Based on Sensitivity Analysis.....WANG Hong KANG Chunlei XU Hongtao et al
- 16 Research on Optimal Allocation Strategy of Reactive Power Compensation Device Based on Genetic Algorithm\*.....ZHANG Huaying LI Hongxin AI Jingwen et al
- 21 Research on Harmonic Resonance of Urban Rail AC Traction System Based on Modal Analysis\*.....ZHANG Liyan YANG Lianghui
- 26 Design and Application of Bus Load Prediction System Based on the Influence of Multiple Factors.....MA Weizhe JIANG Xinming CHENG Renli et al
- 29 Isolated Multi-port DC-DC Modular Multilevel Converter\*.....XU Yingfei JIN lin WANG Kun et al
- 33 HAPF Resonance Suppression Method Based on Virtual Impedance.....GAO Ming YANG Lei YANG Jiaqiang
- 37 Soft-Switch Current Hybrid Controlled Single-Phase Inverter with Good Load Adaptability.....LU Yaohui ZHANG Dehua
- 41 Classification of Power Quality Disturbance Based on Wavelet Transform and Limit Learning Machine.....XUE Zheng'ai HUANG Chenrong ZHANG Jiande et al
- 44 Simulation Design and Verification of Circuit Breaker Virtual Controller.....LIU Xin

### Power Transmission and Distribution Engineering

- 46 Judgment and Treatment of 35 kV Single-phase Grounding Fault in the Main Substation.....LI Li LI Yanlei QIE Haiming
- 48 Failure Analysis of 10 kV Stand-by Automatic Operation of Data Center Substation.....XIAO Yang
- 50 Analysis of Harmonic Characteristics of Hub Traction Power Supply System.....ZHAO Yue
- 53 Fault Analysis of 220 kV Transmission Line.....LIAO Huiqin CHENG Jiafu LUO Zhenhua
- 55 Analysis on Differential Protection of High Voltage Side Reverse Phase Sequence Transformer of Skid Mounted Substation.....LIU Ruijing CAO Ju LU Pengfei et al
- 58 Research and Application of Anti-falling Device on Steel Pipe Rod of High Voltage Overhead Line.....HE Haiyong
- 61 Design of Power Distribution System for Charging Pile in Civil Buildings.....WANG Yunqi
- 64 Detection of Railway Dropper Based on Double Scale Features.....HU Die JIN Weidong TANG Peng

### Electrical Equipment

- 69 Research on Winding Material of 10 kV Oil-immersed Transformer Based on Resistivity Method.....FENG Biao JIANG Qiang YUAN Xun et al
- 71 Research on the Test Method of Realizing Inputs of Various Different Voltage Levels to be Controlled at the Same Time by Relay Module.....WANG Junhui WEI Fang Wang Caili et al
- 74 Research on Coordination Verification Method of Underexcitation Limitation and Loss of Magnetic Protection.....ZHANG Hongdong
- 77 Research on Main Body Design and Key Technology of a Novel Type of Wide-Voltage Voltage-Regulating Distribution Transformer.....CHEN Zhiting ZHOU Haoran QIU Jingwen et al
- 80 Study on the Secondary Control Loop of the Main Transformer Cooler.....GAO Hailong ZHANG Zhi LIU Xin et al
- 82 Selection of Transformer Moisture Absorber.....LIANG Ping XU Hua

- 84 Analysis of PT Reverse Charging Event Caused by 220 kV Busbar Misoperation ..... ZHONG Wenhua LI Zenghui  
86 Crack Analysis of Transmission Connecting Rod of UHV Disconnecting Switch ..... LIANG Xiangyang LIU Youliang ZHANG Gaofeng et al  
89 Design of Fast Positioning Device for Secondary Circuit Fault of Switchgear Mechanism\* ..... LIU Kuan ZHAO Wendong PAN Guanghui et al  
92 Discussion on Internal Lead Connection Scheme of Three-Phase Combined Transformer ..... CHAI Xinghai ZHU Yi ZHAO Chun et al  
94 Development of Data Acquisition Device for On-line Monitoring of Rotating Machinery on Consumption Side of Power Grid ..... LU Delong WANG Juhao LIU Zhichuang  
97 A Li-Battery Based Uninterrupted Power Supply with DAB Interface ..... LONG Yunbo ZHANG Xi ZHANG Chi  
100 Cause Analysis of Top Flange Heating of the Isolating Switch ..... LUO Guanghui HUANG Yinlong ZHAO Shengnan et al  
102 Practical Application of Inverter Series Resonant Cable Withstand Voltage ..... SUN Junwei  
104 Development and Application of Lightning Strike Monitoring Device for Transmission Line Lightning Protection Equipment ..... LIANG Fuguang WU Peng ZHANG Qiang et al  
108 Analysis on the Test Method of Transformer Induction Withstand Voltage ..... DI Lintao LIAO Zhifeng HU Wei et al

## High Voltage and Insulation Technology

- 111 Research on Online Detection of Cable Insulation Aging Based on Leakage Current\* ..... SUN Kai LEI Xiang LI Dayin et al  
114 Analysis of Winding Current in UHV Transformer Primary Injection Test ..... ZHU Yulin  
117 Problems and Solutions in Insulation Measurement of ZS1 Switchgear ..... SU Xiaojun  
119 Analysis of Adaptability of 750 kV Grid in Xinjiang to UHV Synchronous Power Grid in Western China\* ..... WU Gang ZHANG Shuming  
123 Cause Analysis of Resistance Failure of Secondary Voltage Divider of DC Line Divider in  $\pm 800$  kV Converter Station ..... LI Hao YANG Guang SUN Hao  
126 GIS Wall Bushing Corrosion Detection Device Based on Magnetostrictive Guided Wave Technology ..... MENG Zhengchao LIANG Qinqin LIN Chaofu et al  
130 Analysis and Prevention of 76SG Action Event by Overcurrent Protection of Grounding Grid in Station Caused by Common Grounding Electrode ..... CHEN Weidong  
132 Calculation of Protection Range of Double Branch Equal-Height Lightning Rods ..... DONG Shengying HAN Yehua ZHANG Yuanyuan  
134 Research and Application of 10 kV Overhead Distribution Line with Lightning Shielding Wire ..... KANG Shanbin XV Lingxiao KANG Gang

## Motor

- 137 Dual PWM Converter Based PMSM Emulator ..... JIN Yang BI Daqiang QIN Fujun et al  
141 Research on Speed / Position Control of Traveling Wave Ultrasonic Motor Based on Fuzzy Logic System ..... CHEN Bingxun YING Yilin  
145 Causes and Treatment Methods of Shaft Voltage of Turbine Generator ..... WEI Wen GUO Jinghong HUANG Jiacheng

## Power Plant

- 147 Analysis of Electrical Protection of Nuclear Power Plant Emergency Power Supply System ..... WANG Bo  
150 Analysis and Improvement of Grounding Fault Protection of Low-voltage Distribution System in Nuclear Power Plant ..... YOU Yi

## Intelligent Information and Communications Technology

- 153 Research on the Application of On-line Monitoring in Cable Tunnel ..... LIU Zhiqian  
156 Research and Application of Intelligent UAV Inspection System for Transmission Line ..... ZHANG Bingzhen YANG Hemeng ZHOU Zhubo et al  
160 Research on 5G Base Station Industry Development Based on Dynamic Planning of Power Supply Resources ..... HUANG Zhihong FAN Danru LIU Hao  
162 Study on the Classification of Distribution Line Patrol Cycle Based on Self-organizing Feature Maps ..... ZHANG Yuze HE Yaqiao WU Jie et al