



Compendex 核心期刊

飞行器雷电与静电防护专题

May 2017 Vol.43, No.5

海沃科技
HIGHVOLTAGE

苏州工业园区海沃科技有限公司

SUZHOU INDUSTRIAL PARK HIGHVOLTAGE TECHNOLOGY CO.,LTD.



QK1706578

致力—高压试验 专注—特种电源

主要提供以下产品及服务

- 变压器局部放电及感应耐压试验系统
- 调频串联谐振耐压试验系统
- GIS同频同相耐压试验系统
- 便携式直流高压发生器
- 高稳定标准直流电压校准系统
- 模组式工频无局放可换极性直流高压发生器
- 干式空心电抗器匝间绝缘缺陷检测系统
- 变压器现场低频烘干系统
- 变压器空负载试验系统
- 接地网特性参数测试系列产品

ISSN 1003-6520



国家高电压计量站 主办
中国电机工程学会

2017-5

目 次

飞行器雷电与静电防护专题

飞机雷电防护概述	段泽民(1393)
碳纤维复合材料在雷电流作用下的损伤仿真与试验	姚学玲, 郭灿阳, 孙晋茹, 陈景亮(1400)
直升机电子设备舱瞬态雷电感应磁场特性	仇善良, 段泽民, 司晓亮, 李志宝, 张松, 王瀚林(1409)
H425直升机雷击分区	李继国, 郎需义(1420)
间接雷电效应测试用快速衰减振荡波发生器研制	陈鹏, 陶智(1425)
大型客机油箱结构雷电点火源防护验证	赵毅(1432)
低地球轨道航天器表面充电及其环境影响因素	赵呈选, 李得天, 杨生胜, 秦晓刚, 王俊(1438)
雷电流作用下金属损伤试验的影响因素	刘亚坤, 戴明秋, 肖瑶, 刘全楨, 刘宝全, 傅正财(1445)
碳纤维复合材料雷电损伤预测	司晓亮, 李志宝, 刘辉平, 仇善良, 段泽民(1453)

输配电设备状态评价与故障诊断

低温环境下绝缘介质表面流注放电特性	王黎明, 叶维平, 梅红伟, 关志成(1460)
基于紫外成像技术的瓷绝缘子串放电程度量化评估	贾志东, 王林军, 尚晓光, 贾磊, 石海珍, 张楠(1467)
变电站局部放电的定向天线多方位检测定位方法	周文俊, 李鹏飞, 杨帅, 刘宇舜, 田妍, 王勇(1476)
混合粒子群优化小波自适应阈值估计算法及用于局部放电去噪	李清泉, 秦冰阳, 司雯, 王若茜, 刘宾, 马帅, 王霞(1485)
输电线路动态风偏响应特性及频域计算方法	楼文娟, 罗罡, 杨晓辉, 卢明(1493)
500 kV 防污型与普通型支柱绝缘子带电清洗效率对比	樊亚东, 胡聪, 王建国, 黄松波, 廖一帆, 金向朝(1500)
基于流体网络的电力变压器绕组温度预测	徐永明, 刘飞, 齐玉麟(1509)
憎水性材料表面液滴面积分析方法	李杰, 周志成, 高嵩, 戴罕奇, 赵晨龙, 王黎明(1518)
基于稀疏分解与综合测度值的配电网故障选线方法	杨德昌, 魏向向, 温渤婴, 王晓卫(1526)
SF ₆ 断路器动态接触电阻测量方法及影响因素	傅中, 陈维江, 李志兵, 刘北阳, 邢高启, 李宾宾(1535)
基于光纤 Bragg 光栅的油浸式变压器多点温度监测	王恩, 赵振刚, 曹敏, 唐标, 李川(1543)
多间隙纵吹灭弧系统灭弧性能	谢建华, 张培勇, 郭峰, 郭伟(1550)
基于气质联用的带电清洗剂组分及挥发性性能测试	蔡德华, 汤振鹏, 樊亚东, 王硕君, 高晓剑, 王建国(1558)
交直流混联系统联络线功率振荡分析与抑制	关欣, 余向阳, 南海鹏(1564)
高压直流绝缘子积污特性数值模拟与预测	任昂, 毕晓甜, 秦丽伟, 程学启, 李清泉(1572)

防雷与接地

基于先导发展模型的输电线路绕击跳闸率计算	曾嵘, 刘瀚波, 庄池杰, 陆国俊, 罗健斌(1581)
10 kV 多断点灭弧防雷间隙熄弧特性研究及应用	王巨丰, 吴东, 李国栋(1589)
雷击下 500 kV 杆塔接地装置的散流有效性	曹晓斌, 高竹青, 马御棠, 田明明, 杜俊乐(1596)
人工触发闪电上行正先导起始阶段放电特征	张阳, 钱勇, 张义军, 吕伟涛, 郑栋, 陈绍东(1602)
输电线路走廊雷电流幅值分布统计方法	赵淳, 雷梦飞, 陈家宏, 谷山强, 王佩, 赵俊杰(1609)
3003 铝合金在雷电直击情况下的损伤特性和损伤机理	程向阳, 刘亚坤, 戴明秋, 肖瑶, 傅正财(1615)
特高压变电站短路电流直流分量对接地网设计的影响	邹家勇, 余波, 包维瀚, 吴怡敏(1621)
接闪器对旋转风机引雷能力影响的试验研究	屈路, 文习山, 王羽, 姒天军, 马宇晗, 蓝磊(1628)
强气流下灭弧防雷间隙的气流场仿真及灭弧试验研究	黄萍, 王巨丰(1635)
1 次人工触发闪电引起的临近地网电位升高及其特征分析	颜旭, 张义军, 陈绍东, 黄冶钢, 吕伟涛, 陈绿文(1642)
基于核密度估计的输电线路走廊杆塔-地闪复合密度统计方法	夏学智, 李涵, 申健, 胡梓逸, 何自争(1650)

电力电缆

有机硅修复后水树电缆在电热老化下的电气性能和微观结构变化	周凯, 杨明亮, 黄明, 吴科, 李康乐, 李天华(1656)
66 kV 交流交联聚乙烯电缆线路改为直流运行的直流载流量	刘士利, 李宁, 蔡国伟, 徐晓峰, 朱永华, 宋卓然, 刘岩(1664)
110 kV 电缆中间接头载流能力计算与实验分析	刘刚, 王振华, 徐涛, 刘毅刚, 王鹏宇(1670)
基于外半导体层注入的全尺寸电缆用脉冲电声法空间电荷测量技术	王霞, 陈驰, 熊锦州, 吴锴, 傅明利, 侯帅(1677)
10 kV 交联聚乙烯电缆运行状态评估分析	杨颖, 游蛟, 贾志东, 张雨津, 陆国俊, 范伟男(1684)

电缆运行老化过程对其空间电荷行为的影响..... 谢月, 刘刚, 李歆蔚, 黄嘉盛, 李立涅(1693)

电磁环境与电磁生物效应

针-板电极负电晕放电下离子分布状态的影响因素..... 李庆, 刘晓娃, 剧晓晨, 殷宇朝(1700)
地磁暴引起电网电压波动抑制策略..... 杨培宏, 刘连光, 刘春明, 郑许朋, 冯士伟(1707)
多自由度全自动引信辐照实验台的研制与性能测试..... 熊久良, 武占成, 孙永卫, 毕军建(1715)
应用磁环抑制输电线路短波频段无源干扰..... 千喆渊, 王延海, 张建功, 赵志斌, 李煜磊(1722)
不同强度极低频磁场对罗非鱼生长的影响..... 张业茂, 张斌, 刘兴发, 陈豫朝, 刘健彝, 汝碧潇, 邹红娟(1729)
复杂瞬态注入波形的等效简化方法..... 潘晓东, 魏光辉, 卢新福, 万浩江, 范丽思(1736)

《高电压技术》编辑委员会

名誉主任委员 郑宝森

主任委员 张文亮

副主任委员 郭剑波 汤涌 关志成 李成榕 廖瑞金

委员 (以姓氏笔画为序)

丁立健 马为民 王成山 王庆国 王新新 王黎明 文习山 文劲宇 卢新培 包家立 司马文霞 邬雄 刘云鹏
刘尚合 刘泽洪 江秀臣 闫克平 阮羚 阮江军 杨迎建 李剑 李鹏 李立涅 李兴文 李庆民 李若梅
李建林 李盛涛 杜伯学 严萍 吴锴 吴广宁 何金良 何俊佳 邱爱慈 邹积岩 陆佳政 陆家榆 陈小良
陈庆国 陈维江 张芝涛 张乔根 邵涛 周浩 周远翔 郑健超 胡毅 郝艳捧 赵鹏 赵鸿飞 律方成
饶宏 徐政 高克利 唐炬 梅生伟 崔翔 宿志一 董旭柱 蒋兴良 程时杰 曾嵘 雷民 雷清泉
蔡炜 潘垣 薛禹胜

Chengke Zhou(UK) E. Gockenbach(Germany) J. J. Smit(Holland) K. Hidaka(Japan) L. A. Dissado(UK) M. Farzaneh(Canada)

M. Muhr(Austria) S. Grzybowski(USA) S. M. Gubanski(Sweden)

特约顾问

伍志荣 李勇伟 李锐海 杨黎明 张勤 吴根范 周文俊 梁曦东 舒立春

单位编委

上海华普电缆公司 宁波东方电缆股份有限公司 江苏启源雷宇电气科技有限公司 苏州工业园区海沃科技有限公司
国网电力科学研究院武汉南瑞有限责任公司 塞迪维尔玻璃绝缘子中国区

高电压技术 (月刊, 1975年创刊)

《工程索引》(Ei) 核心期刊

《科学文摘》(SA, INSPEC) 收录期刊

《化学文摘》(CA) 收录期刊

《文摘杂志》(AJ) 收录期刊

日本科学技术社数据库 (JST) 收录期刊

《剑桥科学文摘》(CSA) 收录期刊

中国科学引文数据库(CSCD)核心期刊

中国精品科技期刊

RCCSE 中国权威学术期刊

中文核心期刊要目总览收录期刊

中国科技核心期刊

主管单位: 国家电网公司

印刷: 武汉市宏达盛印务有限公司

主办单位: 国家高电压计量站

国内发行: 湖北省邮政局 邮发代号 38-24

中国电机工程学会

国外发行: 中国国际图书贸易总公司 代号 M982

编辑出版: 中国电力科学研究院期刊中心《高电压技术》编辑部

国内定价: 69.00元/期

主编: 郭剑波

中国标准连续出版物号: ISSN 1003-6520

副主编: 胡毅 赵鹏 高克利

CN 42-1239/TM

专题主编: 段泽民

国际刊名代码 (CODEN): GAJIE5

编辑部副主任: 严梦

编辑部: (027) 59835528

广告发布登记编号: 鄂工商广登[2017]25号

责任编辑: 卫李静 李东

广告发行部: (027) 59835518

专题组稿编辑: 卫李静

传真: (027) 59835529

地址: 湖北省武汉市珞喻路 143 号

微信二维码:



邮政编码: 430074

网址: <http://hve.epri.sgcc.com.cn>

电子邮箱: hve@epri.sgcc.com.cn

期刊基本参数: CN42-1239/TM * 1975 * m * A4 * 336 * zh * P * ¥69.00 * 6600 * 47 * 2017-05

High Voltage Engineering

(Monthly, since 1975)

Vol. 43. No.5 (Ser. 294)

May 31, 2017

CONTENTS

Aircraft Lightning and Static Electricity Protection

- Review of Aircraft Lightning Protection DUAN Zemin(1393)
- Damage Simulation and Experiment of Carbon Fiber Composites Subjected to Lightning Current YAO Xueling, GUO Canyang, SUN Jinru, CHEN Jingliang(1400)
- Transient Lightning Induced Magnetic Field Characteristics of Helicopter Electronic Equipment Cabin QIU Shanliang, DUAN Zemin, SI Xiaoliang, LI Zhibao, ZHANG Song, WANG Hanlin(1409)
- Lightning Strike Zoning of Helicopter H425 LI Jiguo, LANG Xuyi(1420)
- Development of Fast Damped Oscillatory Wave Generators for Indirect Lighting Effects Test CHEN Peng, TAO Zhi(1425)
- Ignition Source Prevention Demonstration of Lightning Strike to Large Civil Aircraft Fuel Tank ZHAO Yi(1432)
- Surface Charging and Its Environment Influencing Factors for Low Earth Orbit Spacecraft ZHAO Chengxuan, LI Detian, YANG Shengsheng, QIN Xiaogang, WANG Jun(1438)
- Influence Factors of Metal Materials Struck by Simulated Lightning Currents LIU Yakun, DAI Mingqiu, XIAO Yao, LIU Quanzhen, LIU Baoquan, FU Zhengcai(1445)
- Lightning Damage Prediction of Carbon Fiber Composite Materials DUAN Zemin, LIU Huiping, SI Xiaoliang, LI Zhibao, QIU Shanliang(1453)

Fault Diagnosis and State Assessment of Power Transmission and Distribution Equipment

- Characteristics of Streamer Discharge Along Insulation Surface in Low-temperature Environment WANG Liming, YE Weiping, MEI Hongwei, GUAN Zhicheng(1460)
- Quantitative Assessment of Porcelain Insulator String Discharge Degree Based on UV Imaging Technology JIA Zhidong, WANG Linjun, SHANG Xiaoguang, JIA Biao, SHI Haizhen, ZHANG Nan(1467)
- Partial Discharge Localization Method by Multi-direction Measurement Using Directional Antenna in Substation ZHOU Wenjun, LI Pengfei, YANG Shuai, LIU Yushun, TIAN Yan, WANG Yong(1476)
- Estimation Algorithm for Adaptive Threshold of Hybrid Particle Swarm Optimization Wavelet and Its Application in Partial Discharge Signals De-noising LI Qingquan, QIN Bingyang, SI Wen, WANG Ruoxi, LIU Bin, MA Shuai, WANG Xia(1485)
- Response Characteristics and Frequency-domain Calculation Method of Dynamic Wind-induced Deflection of Transmission Lines LOU Wenjuan, LUO Gang, YANG Xiaohui, LU Ming(1493)
- Comparison of Hot Water Washing Efficiency of 500 kV Post Insulator Between Normal Type and Anti-pollution Type FAN Yadong, HU Cong, WANG Jianguo, HUANG Songbo, LIAO Yifan, JIN Xiangchao(1500)
- Prediction of Winding Temperature in Power Transformers Based on Fluid Network XU Yongming, LIU Fei, QI Yulin(1509)
- Droplet Area Measurement Method for Hydrophobic State Description LI Jie, ZHOU Zhicheng, GAO Song, DAI Hanqi, ZHAO Chenlong, WANG Liming(1518)
- Fault Line Selection Method Based on Sparse Decomposition and Comprehensive Measure Values for Distribution Network YANG Dechang, WEI Xiangxiang, WEN Boying, WANG Xiaowei(1526)
- Measurement Method and Influencing Factors of the Dynamic Contact Resistance of SF₆ Circuit Breakers FU Zhong, CHEN Weijiang, LI Zhibing, LIU Beiyang, XING Gaoqi, LI Binbin(1535)
- Multi Point Temperature Monitoring of Oil Immersed Transformer Based on Fiber Bragg Grating WANG En, ZHAO Zhengang, CAO Min, TANG Biao, LI Chuan(1543)
- Arc-extinguishing Performance of Multi Gap Longitudinal Arc-extinguishing System XIE Jianhua, ZHANG Peiyong, GUO Feng, GUO Wei(1550)
- Components and Volatility Test of Live-working Washing Agents by GC-MS Technology CAI Dehua, TANG Zhenpeng, FAN Yadong, WANG Shuojun, GAO Xiaojian, WANG Jianguo(1558)
- Analysis and Inhibition on Power Oscillation of the Tie-line in AC-DC Hybrid Transmission Grid GUAN Xin, YU Xiangyang, NAN Haipeng(1564)
- Numerical Simulation and Prediction on Pollution Accumulation Characteristics of HVDC Insulator REN Ang, BI Xiaotian, QIN Liwei, CHENG Xueqi, LI Qingquan(1572)

Lightning Protection and Grounding

- Calculation of Shielding Failure Flashover Rate of Transmission Line Using Leader Progression Model ZENG Rong, LIU Hanbo, ZHUANG Chijie, LU Guojun, LUO Jianbin(1581)
- Arc-extinguishing Characteristics Research and Application of 10 kV Multiple-break Arc-extinguishing Lightning Protection Gap WANG Jufeng, WU Dong, LI Guodong(1589)
- Current Divergence Validity of 500 kV Tower Grounding Device Under Lightning Stroke CAO Xiaobin, GAO Zhuqing, MA Yutang, TIAN Mingming, DU Junle(1596)
- Discharge Characteristics of Upward Positive Leaders in Initial Stage of Artificially Triggered Lightning ZHANG Yang, QIAN Yong, ZHANG Yijun, LU Weitao, ZHENG Dong, CHEN Shaodong(1602)
- Statistical Method of Lightning Current Amplitude Distribution Along Transmission Line Corridor ZHAO Chun, LEI Mengfei, CHEN Jiahong, GU Shanqiang, WANG Pei, ZHAO Junjie(1609)
- Damage Characteristics and Mechanisms of 3003 Aluminum Alloy Struck by Lightning CHENG Xiangyang, LIU Yakun, DAI Mingqiu, XIAO Yao, FU Zhengcai(1615)
- Influence of the DC Component of Short Circuit Current on Grounding Grid Design of UHV Substation ZOU Jiayong, YU Bo, BAO Weihang, WU Yimin(1621)

Experimental Study on the Influence of the Air Terminal on Triggered Lightning Ability of Rotation Wind Turbine QU Lu, WEN Xishan, WANG Yu, SI Tianjun, MA Yuhan, LAN Lei(1628)
 Research on Airflow Field Simulation and Arcing Test of Arc-extinguishing Lightning Protection Gap Under Strong Airflow HUANG Ping, WANG Jufeng(1635)
 Ground Potential Rise Between the Adjacent Ground Networks Based on One Artificially Triggered Lightning YAN Xu, ZHANG Yijun, CHEN Shaodong, HUANG Zhigang, LÜ Weitao, CHEN Lüwen(1642)
 Statistical Method of Flash-tower Composite Density in Transmission Line Corridor Based on Kernel Density Estimation XIA Xuezhi, LI Han, SHEN Jian, HU Ziyi, HE Zizheng(1650)

Power Cables

Changes of Electrical Properties and Micro Structures of Water-tree Cables Rejuvenated by Siloxane During the Process of Electrical-thermal Aging ZHOU Kai, YANG Mingliang, HUANG Ming, WU Ke, LI Kangle, LI Tianhua(1656)
 DC Ampacity of 66 kV AC XLPE Cable Line Transformed into DC Operation LIU Shili, LI Ning, CAI Guowei, XU Xiaofeng, ZHU Yonghua, SONG Zhuoran, LIU Yan(1664)
 Current Capacity Calculation and Experimental Analysis of 110 kV Cable Joint LIU Gang, WANG Zhenhua, XU Tao, LIU Yigang, WANG Pengyu(1670)
 PEA Space Charge Measurement Technology for Full-scale Cables Based on Pulse Injection from Outer Semi-conductive Layer WANG Xia, CHEN Chi, XIONG Jinzhou, WU Kai, FU Mingli, HOU Shuai(1677)
 Evaluation Analysis of 10 kV XLPE Cable's Operation Condition YANG Ying, YOU Jiao, JIA Zhidong, ZHANG Yujin, LU Guojun, FAN Weinan(1684)
 Influence of Cable Operation-aging on Its Space Charge Behavior XIE Yue, LIU Gang, LI Xinwei, HUANG Jiasheng, LI Licheng(1693)

Environmental Effect and Bio-effect Induced by Electromagnetic Fields

Influencing Factors of the Ions Distribution Under the Needle to Plate Negative Corona Discharge LI Qing, LIU Xiaowa, JU Xiaochen, YIN Yuchao(1700)
 Strategy for Restraining Voltage Fluctuation in Power Network Caused by Geomagnetic Storm YANG Peihong, LIU Lianguang, LIU Chunming, ZHENG Xupeng, FENG Shiwei(1707)
 Development and Performance Measurement of Multi-DOF and Fully Automatic Fuze Irradiation Experimental Platform XIONG Jiuliang, WU Zhancheng, SUN Yongwei, BI Junjian(1715)
 Suppression of HF Passive Interference in Transmission Lines by Using Magnetic Tube GAN Zheyuan, WANG Yanhai, ZHANG Jianguo, ZHAO Zhibin, LI Yulei(1722)
 Effects of Various Intensity of Extremely Low Frequency Magnetic Fields Exposure on Growth of Tilapia ZHANG Yemao, ZHANG Bin, LIU Xingfa, CHEN Yuchao, LIU Jianben, RU Bixiao, WU Hongjuan(1729)
 Equivalent Simplification Method of Complex Transient Injection Waveform PAN Xiaodong, WEI Guanghui, LU Xinfu, WAN Haojiang, FAN Lisi(1736)

Honorary Chairman of Editorial Committee ZHENG Baosen

Chairman of Editorial Committee ZHANG Wenliang

Vice Chairmen of Editorial Committee GUO Jianbo TANG Yong GUAN Zhicheng LI Chengrong LIAO Ruijin

Members of Editorial Committee

DING Lijian	MA Weimin	WANG Chengshan	WANG Qingguo	WANG Xinxin	WANG Liming	WEN Xishan
WEN Jinyu	LU Xinpei	BAO Jiali	SIMA Wenxia	WU Xiong	LIU Yunpeng	LIU Shanghe
LIU Zehong	JIANG Xiuchen	YAN Keping	RUAN Ling	RUAN Jiangjun	YANG Yingjian	LI Jian
LI Peng	LI Licheng	LI Xingwen	LI Qingmin	LI Ruomei	LI Jianlin	LI Shengtao
DU Boxue	YAN Ping	WU Kai	WU Guangning	HE Jinliang	HE Junjia	QIU Aici
ZOU Jiyan	LU Jiazheng	LU Jiayu	CHEN Xiaoliang	CHEN Qingguo	CHEN Weijiang	ZHANG Zhitao
ZHANG Qiaogen	SHAO Tao	ZHOU Hao	ZHOU Yuanxiang	ZHENG Jianchao	HU Yi	HAO Yanpeng
ZHAO Peng	ZHAO Hongfei	LÜ Fangcheng	RAO Hong	XU Zheng	GAO Keli	TANG Ju
MEI Shengwei	CUI Xiang	SU Zhiyi	DONG Xuzhu	JIANG Xingliang	CHENG Shijie	ZENG Rong
LEI Min	LEI Qingquan	CAI Wei	PAN Yuan	XUE Yusheng		

Chengke Zhou(UK) E. Gockenbach (Germany) J. J. Smit (Holland) K. Hidaka (Japan) L. A. Dissado (UK)

M. Farzaneh (Canada) M. Muhr (Austria) S. Grzybowski (USA) S. M. Gubanski (Sweden)

Abstracted / Indexed in Ei Compendex Abstracts Journal
 Science Abstracts (INSPEC) Cambridge Scientific Abstracts
 Chemical Abstracts Japan Science & Technology Agency

Competent Authorities State Grid Corporation of China **Publication Number** ISSN 1003-6520

Sponsors National Center for High Voltage Measurement **CODEN** GAJIE5
 Chinese Society for Electrical Engineering **Add** Wuhan 430074, China

Editor and Publisher High Voltage Engineering Editorial Department of CEPRI **Web Site** http://hve.epri.sgcc.com.cn

Editor in Chief GUO Jianbo **E-mail** hve@epri.sgcc.com.cn

Director YAN Meng **Tel** 86-27-59835528, 59835518

Editor in Charge WEI Lijing **Fax** 86-27-59835529



亨通，全球线缆系统服务商
Leading Cable and System Supplier

打造世界知名品牌 成就国际优秀企业



公司成立于2009年。主导产品为高压、超高压电缆、海底电缆，光纤复合海底电缆、海底光缆等相关配套产品，并提供相关电力通讯传输设计、生产、安装、维护的系统解决方案。

亨通高压主导产品主要服务于智能电网和海洋工程。（即海上石油钻井平台、岛屿之间互联、海陆输配电、海洋观测网、海上风力发电）。



亨通高压厂区图

江苏亨通高压海缆有限公司

HENGTONG SUBMARINE POWER CABLE CO., LTD.

地址：江苏省苏州市常熟经济开发区通达路8号

电话：0512-52267375

传真：0512-52266808



万方数据

国内统一连续出版物号: CN42-1239/TM 国内定价: 69元/期