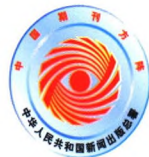


高电压技术

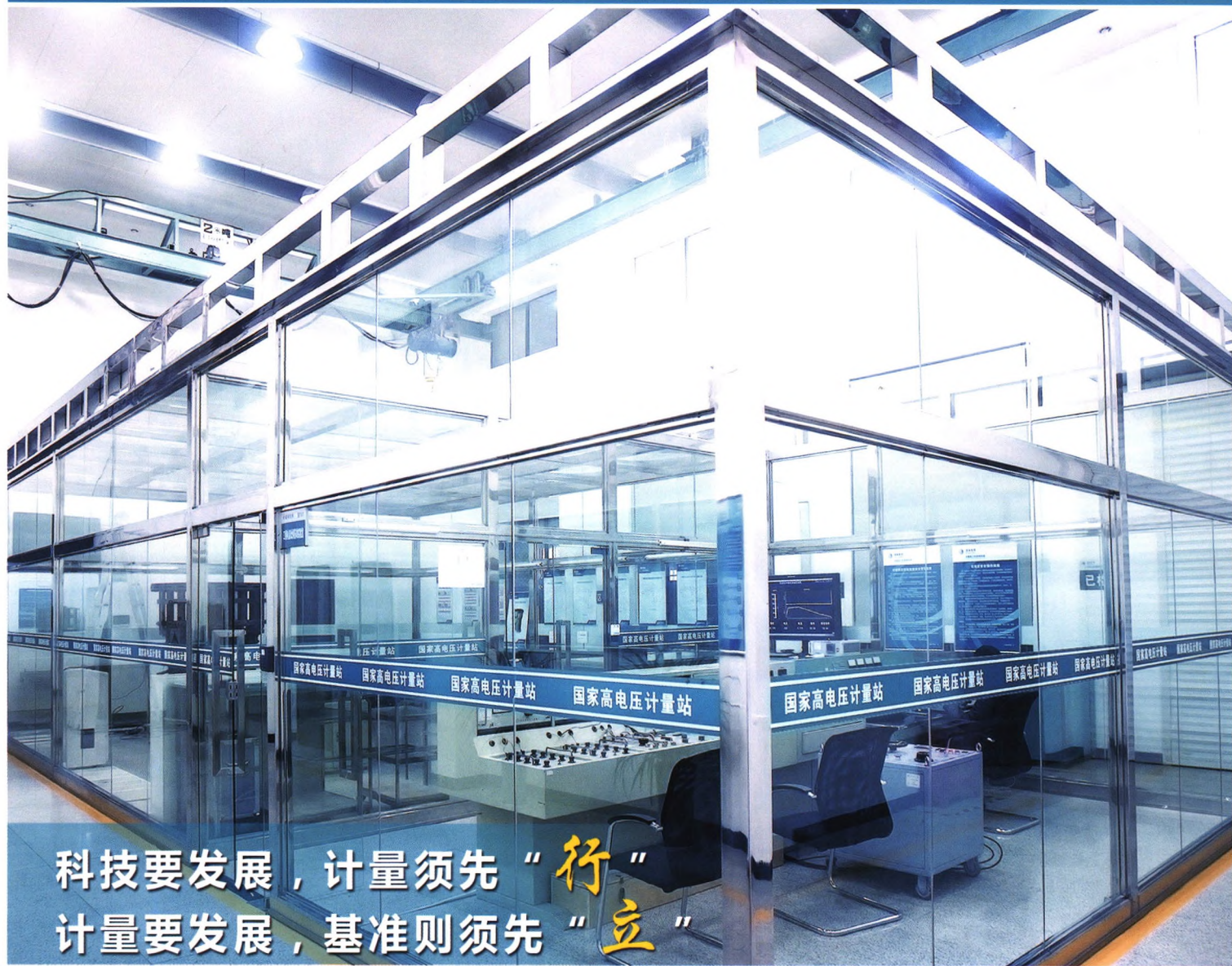


Compendex 核心期刊

人工智能技术在输配电设备运维中的应用专题
储能系统规划配置控制及应用技术专题

January 2020 Vol.46, No.1

国家高电压计量站



科技要发展，计量须先“行”
计量要发展，基准则须先“立”

国家工频电流比例基准作为整个电流比例量值传递溯源体系的源头，确保全国电流量值的准确和统一，是电能贸易结算公平公正、电力系统安全稳定运行的根本保障。

ISSN 1003-6520



9 771003 652206
万方数据

国家高电压计量站 主办
中国电机工程学会

2020-1

目次

人工智能技术在输配电设备运维中的应用专题

人工智能在变电站运维管理中的应用综述.....王刘旺, 周自强, 林 龙, 韩嘉佳(1)

架空输电线路无人机巡检技术研究进展.....邵瑰玮, 刘 壮, 付 晶, 谈家英, 陈 怡, 周立玮(14)

基于自决策主动纠偏的电力变压器油色谱诊断模型.....齐 波, 王一鸣, 张 鹏, 温 钊, 李成榕, 王红斌(23)

考虑不平衡案例样本的电力变压器故障诊断方法.....崔 宇, 侯慧娟, 苏 磊, 钱 涛, 盛戈隼, 江秀臣(33)

强台风环境下基于格点化和支持向量机的 10 kV 杆塔受损量预测方法.....郑凌铭, 舒胜文, 陈 彬, 吴 涵, 黄建业, 钱 健(42)

储能系统规划配置控制及应用技术专题

电化学储能电站群在特高压交直流混联受端电网应用技术研究综述.....李建林, 王剑波, 葛 乐, 孟高军, 袁晓冬, 周京华(51)

考虑电池寿命的商业园区储能电站运行控制策略.....李相俊, 马 锐, 王上行, 张 宇, 李 蓓, 方 陈(62)

考虑需求侧响应的主动配电网电池梯次储能的容量配置方法.....吴 鸣, 孙丽敬, 寇凌峰, 屈小云(71)

储能的应用现状和发展趋势分析.....孙玉树, 杨 敏, 师长立, 贾东强, 裴 玮, 孙丽敬(80)

超导磁储能—限流器用于提高光伏并网发电系统暂态稳定性.....李永凯, 雷 勇, 林晓冬(90)

风氢耦合并网系统能量管理控制策略.....邓 浩, 陈 洁, 焦东东, 李五麒(99)

高电压电磁效应及其特性

特快速电磁暂态(VFT)试验平台的研制.....赵 军, 陈维江, 王德林, 万保权, 张建功, 张晓莉, 刘卫东(107)

基于人工触发闪电的风力发电机组雷电能耦合试验研究.....施广全, 张义军, 陈绍东, 张 阳, 郑 栋(115)

大功率电力电子与智能输配电

极端冰雪天气下配电网弹性恢复力指标的构建及评估方法.....王守相, 黄仁山, 潘志新, 王建明(123)

直流侧电压大幅波动下 CHB-STATCOM 满足调制约束的直流电容取值分析.....杜少通, 谭兴国, 周 娟(133)

基于电流预测控制的二极管箝位拓扑可逆变型并网逆变器.....王贵忠, 吴凤江, 李洪波, 侯英伟(144)

基于 SURE 小波阈值降噪和 MCEEMD-HHT 的低频振荡分析.....陈 坚, 刘思议, 金 涛(151)

金中直流送端系统运行方式优化研究.....黄智达, 梅 勇, 朱 林, 谢惠藩(161)

新能源装备及其并网

基于锁相环同步控制的双馈风机弱电网接入稳定性分析.....潘尔生, 王智冬, 王 栋, 梁 亮, 侯云鹤(170)

光伏汇集系统经过混合型 MMC 并网优化启停控制策略.....田艳军, 魏石磊, 王 毅, 陈 波(178)

电介质与电气绝缘

运行老化 XLPE 电缆导体屏蔽层侧绝缘缺陷分析.....周 凯, 陈泽龙, 李天华, 尹 游, 朱光亚, 李巍巍(187)

交流和直流电压下纤维和金属颗粒对天然酯击穿特性的影响差异研究.....郝 建, 秦 威, 但 敏, 朱孟兆, 廖瑞金, 李 剑(195)

1 100 kV 直流 SF₆ 气体绝缘穿墙套管电场仿真分析.....李乃一, 彭宗仁, 刘 鹏(205)

直流电晕放电作用下 Kapton 型聚酰亚胺裂解机理的 ReaxFF 分子动力学仿真.....黄旭炜, 刘 涛, 舒 想, 李庆民, 王忠东(215)

3 种缓冲气体对 C₄F₇N 混合气体绝缘特性的影响.....胡世卓, 周文俊, 郑 宇, 张天然, 王凌志, 李志兵(224)

从离子本性角度分析不同酸碱环境下 XLPE 电缆水树生长特性.....张春烁, 周 凯, 李天华, 万 航, 龚 军, 陈泽龙(233)

油纸绝缘针板沿面放电模型白斑发展过程及放电特性.....于 瑞, 高 波, 胡广才, 周 芃, 吴晋媛(240)

C₄F₇N/CO₂ 和 C₄F₇N/N₂ 混合气体热力学物性参数计算.....张 震, 林 莘, 余伟成, 徐建源, 张 佳, 苏镇西(250)

电气装备及其智能运维

基于振动信号的电力变压器机械状态诊断方法研究综述.....汲胜昌, 张 凡, 师愉航, 占 草, 朱叶叶, 陆伟峰(257)

基于 EMD 与 DTW 算法的振荡波下电缆局部放电定位方法.....张若兵, 金 森, 杜 钢(273)

GIS 内置特高频传感器性能参数的数值仿真与优化设计技术.....邵先军, 朱明晓, 刘家齐, 何文林, 詹江杨, 张冠军(282)

时域/频域介电响应在 XLPE 电缆绝缘诊断的应用.....赵艾莹, 陈 曦, 徐 龙, 李嘉明, 邓军波, 张冠军(292)

变压器冲击试验地电位升对智能组件电源端口骚扰的研究	荆永明, 高 飞, 刘 欣, 梁贵书(303)
5 kV 快速中压直流空气断路器的研发	马子文, 彭振东, 赵成宏, 徐庭伟(312)
基于半经验模型的熔断器燃弧过程计算与分析	王 帅, 庄劲武, 董润鹏, 雷 冉, 刘思奇(319)
基于改进深度信念网络的直流 XLPE 电缆局部放电模式识别	黄光磊, 李 喆, 许永鹏, 钱 勇, 盛戈皞, 江秀臣(327)
环保绝缘气体 C ₃ F ₇ CN 与密封材料三元乙丙橡胶的相容性研究	郑哲宇, 李 涵, 周文俊, 袁瑞君, 刘 伟, 何 洁(335)
脉冲功率与放电等离子体	
低温等离子体净化挥发性有机物关键技术	姚水良, 章旭明, 陆 豪(342)
等离子体转化 CO ₂ 的研究进展	鲁 娜, 张楚珂, 夏 芸, 商克峰, 姜 楠, 李 杰, 吴 彦(351)
C ₄ F ₇ N 混合气体电弧等离子体热力学参数计算	张立松, 叶明天, 庞 磊, 张乔根, 苏镇西, 徐晓东(362)

《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 郭 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. 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
上海电气输配电集团有限公司 宁波东方电缆股份有限公司 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 长缆电工科技股份有限公司

高电压技术 (月刊, 1975 年创刊)

《工程索引》(Ei) 核心期刊
《文摘杂志》(AJ) 收录期刊
中国科学引文数据库(CSCD)核心期刊
中国科技核心期刊

《科学文摘》(SA, INSPEC) 收录期刊
日本科学技术社数据库 (JST) 收录期刊
RCCSE 中国权威学术期刊

《化学文摘》(CA) 收录期刊
《剑桥科学文摘》(CSA) 收录期刊
中文核心期刊要目总览收录期刊

主 管 单 位: 国家电网有限公司
主 办 单 位: 国家高电压计量站
中国电机工程学会
编 辑 出 版: 中国电科院期刊中心《高电压技术》编辑部
主 编: 郭剑波
副 主 编: 胡 毅 赵 鹏 高克利
专 题 主 编: 蒲天骄 胡 军 李建林
编 辑 部 主 任: 严 梦 编 辑 部: (027) 59835528
责 任 编 辑: 陈 蔓 程子丰 广 告 发 行 部: (027) 59258041
组 稿 编 辑: 何秋萍 陈 蔓 传 真: (027) 59835529
地 址: 湖北省武汉市珞喻路 143 号
邮 政 编 码: 430074
网 址: <http://hve.epri.sgcc.com.cn>
电 子 信 箱: hve@epri.sgcc.com.cn

印 刷: 武汉市宏达盛印务有限公司
国 内 发 行: 中国邮政集团公司湖北省分公司
邮发代号 38-24
国 外 发 行: 中国国际图书贸易总公司 代号 M982
国 内 定 价: 90.00 元/期
中国标准连续出版物号: ISSN 1003-6520
CN 42-1239/TM
国际刊名代码 (CODEN): GAJIE5
广告发布登记编号: 鄂广登准字[2019]420000029

微信二维码:



期刊基本参数: CN42-1239/TM * 1975 * m * A4 * 368 * zh * P * ¥90.00 * 6600 * 40 * 2020-01

High Voltage Engineering

(Monthly, since 1975)

Vol. 46. No.1 (Ser. 326)

January 31, 2020

CONTENTS

Application of Artificial Intelligence Technology in Operation and Maintenance of Transmission and Distribution Equipment

Review on Artificial Intelligence in Substation Operation and Maintenance Management	WANG Liuwang, ZHOU Ziqiang, LIN Long, HAN Jiajia(1)
Research Progress in Unmanned Aerial Vehicle Inspection Technology on Overhead Transmission Lines	SHAO Guiwei, LIU Zhuang, FU Jing, TAN Jiaying, CHEN Yi, ZHOU Liwei(14)
Oil Chromatography Diagnosis Model of Power Transformer Based on Self-decision Active Rectification	QI Bo, WANG Yiming, ZHANG Peng, WEN Zhao, LI Chengrong, WANG Hongbin(23)
Fault Diagnosis Method for Power Transformer Considering Imbalanced Class Distribution	CUI Yu, HOU Huijuan, SU Lei, QIAN Tao, SHENG Gehao, JIANG Xiuchen(33)
Prediction Method for Amount of 10 kV Damaged Poles Under Severe Typhoon Environment Based on Meshing and Support Vector Machine	ZHENG Lingming, SHU Shengwen, CHEN Bin, WU Han, HUANG Jianye, QIAN Jian(42)

Energy Storage System Planning Configuration Control and Application Technique

Review on Application Technology of Electrochemical Energy Storage Power Station Group in Ultra High Voltage AC/DC Hybrid Receiver Power Grid	LI Jianlin, WANG Jianbo, GE Le, MENG Gaojun, YUAN Xiaodong, ZHOU Jinghua(51)
Operation Control Strategy for Energy Storage Station After Considering Battery Life in Commercial Park	LI Xiangjun, MA Rui, WANG Shangxing, ZHANG Yu, LI Bei, FANG Chen(62)
Capacity Configuration Method for Second-use Electric Vehicle Batteries of Active Distribution Network Based on Demand Side Response	WU Ming, SUN Lijing, KOU Lingfeng, QU Xiaoyun(71)
Analysis of Application Status and Development Trend of Energy Storage	SUN Yushu, YANG Min, SHI Changli, JIA Dongqiang, PEI Wei, SUN Lijing(80)
Application of Superconducting Magnetic Energy Storage-current Limiter to Improve the Transient Stability of Photovoltaic Grid-connected Power Generation System	LI Yongkai, LEI Yong, LIN Xiaodong(90)
Control Strategy for Energy Management of Hybrid Grid-connected System of Wind and Hydrogen	DENG Hao, CHEN Jie, JIAO Dongdong, LI Yuqi(99)

High Voltage Electromagnetic Effects and Their Characteristics

Development of a Very Fast Electromagnetic Transient (VFT) Test Platform	ZHAO Jun, CHEN Weijiang, WANG Delin, WAN Baoquan, ZHANG Jiangong, ZHANG Xiaoli, LIU Weidong(107)
Experimental Study on Energy Coupling From Lightning to Wind Turbines Based on Artificial Triggered Lightning	SHI Guangquan, ZHANG Yijun, CHEN Shaodong, ZHANG Yang, ZHENG Dong(115)

High-power Electrical Electronics and Intelligent Transmission and Distribution

Construction and Evaluation of Resilience Restoration Capability Indices for Distribution Network Under Extreme Ice and Snow Weather	WANG Shouxian, HUANG Renshan, PAN Zhixin, WANG Jianming(123)
Analysis of DC Capacitance Range for Cascaded STATCOM With Large Fluctuation DC Voltage Under Modulation Output Voltage Constraints	DU Shaotong, TAN Xingguo, ZHOU Juan(133)
Current-prediction-control-based Diode-clamped Grid-connected Inverter With Flexible Topology	WANG Guizhong, WU Fengjiang, LI Hongbo, HOU Yingwei(144)
Analysis of Low-frequency Oscillation Based on SURE Wavelet Threshold De-noising and MCEEMD-HHT Method	CHEN Jian, LIU Siyi, JIN Tao(151)
Research on Optimization of Operation Mode in Jinguan-Guizhong HVDC Sending-end System	HUANG Zhida, MEI Yong, ZHU Lin, XIE Huifan(161)

Development and Grid Entry of New Energy Equipments

Stability Analysis of Phase-locked Loop Synchronized DFIGs in Weak Grids	PAN Ersheng, WANG Zhidong, WANG Dong, LIANG Liang, HOU Yunhe(170)
Start-stop Control Strategy of PV Collection System Optimized by Hybrid MMC	TIAN Yanjun, WEI Shilei, WANG Yi, CHEN Bo(178)

Dielectric and Electrical Insulation

Insulation Defects at the Side of Conductor Screen Layer in Service-aged XLPE Cables	ZHOU Kai, CHEN Zelong, LI Tianhua, YIN You, ZHU Guangya, LI Weiwei(187)
Influence Difference of Fiber and Metal Particles on Breakdown Characteristics of Natural Ester Under AC and DC Voltages	HAO Jian, QIN Wei, DAN Min, ZHU Mengzhao, LIAO Ruijin, LI Jian(195)
Electric Field Simulation and Analysis of 1 100 kV DC SF ₆ Gas-insulated Wall Bushing	LI Naiyi, PENG Zongren, LIU Peng(205)
ReaxFF-based Molecular Dynamics Simulation on Decomposition of Kapton Polyimide Under Stress of DC Corona Discharge	HUANG Xuwei, LIU Tao, SHU Xiang, LI Qingmin, WANG Zhongdong(215)
Influence of Three Buffer Gases on Dielectric Strength of C ₄ F ₇ N Mixtures	HU Shizhuo, ZHOU Wenjun, ZHENG Yu, ZHANG Tianran, WANG Lingzhi, LI Zhibing(224)

Analyzing Water Tree Growth Characteristics in XLPE Cable Under Different Acid-base Environments From the Perspective of Ionic Nature ZHANG Chunshuo, ZHOU Kai, LI Tianhua, WAN Hang, GONG Jun, CHEN Zelong(233)

Development of White Mark on Pressboard Surface and Change of Discharge Characteristic Parameters in Needle-plane Model YU Rui, GAO Bo, HU Guangcai, ZHOU Peng, WU Jinyuan(240)

Thermodynamic Calculation of Physical Properties of C4F7N/CO2 and C4F7N/N2 ZHANG Zhen, LIN Xin, YU Weicheng, XU Jianyuan, ZHANG Jia, SU Zhenxi(250)

Development, Intelligent Operation and Maintenance of Power Equipments

Review on Vibration-based Mechanical Condition Monitoring in Power Transformers JI Shengchang, ZHANG Fan, SHI Yuhang, ZHAN Cao, ZHU Yeye, LU Weifeng(257)

Method of Partial Discharge Localization for Cable Under Oscillatory Wave Voltage Conditions Based on EMD and DTW Algorithm ZHANG Ruobing, JIN Sen, DU Gang(273)

Numerical Simulation and Optimization Design of Performance Parameters of Internal UHF Sensor in GIS SHAO Xianjun, ZHU Mingxiao, LIU Jiaqi, HE Wenlin, ZHAN Jiangyang, ZHANG Guanjun(282)

Application of Dielectric Response in Diagnoses of Time and Frequency Domain on XLPE Cable Insulation ZHAO Aixuan, CHEN Xi, XU Long, LI Jiaming, DENG Junbo, ZHANG Guanjun(292)

Study on the Disturbance for Power Port of Intelligent Component Caused by Ground Potential Rise During Transformer Lightning Impulse Tests JING Yongming, GAO Fei, LIU Xin, LIANG Guishu(303)

Research and Development of 5 kV High-speed Medium-voltage DC Air Circuit Breaker MA Ziwen, PENG Zhendong, ZHAO Chenghong, XU Tingwei(312)

Calculation and Analysis of Arcing Process of Fuses Based on Semi-empirical Model WANG Shuai, ZHUANG Jinwu, DONG Runpeng, LEI Ran, LIU Siqi(319)

Partial Discharge Pattern Recognition of XLPE DC Cable Based on Improved Deep Belief Networks HUANG Guanglei, LI Zhe, XU Yongpeng, QIAN Yong, SHENG Gehao, JIANG Xiuchen(327)

Compatibility of Eco-friendly Insulating Medium C3F7CN and Sealing Material EPDM ZHENG Zheyu, LI Han, ZHOU Wenjun, YUAN Ruijun, LIU Wei, HE Jie(335)

Pulsed Power, Discharge and Plasmas

Key Technologies of Purification for Volatile-organic-compounds Using Non-thermal Plasma YAO Shuiliang, ZHANG Xuming, LU Hao(342)

Advances in Plasma Technology for CO2 Conversion Research LU Na, ZHANG Chuke, XIA Yun, SHANG Kefeng, JIANG Nan, LI Jie, WU Yan(351)

Calculation of Thermodynamic Properties of C4F7N Mixtures Arc Plasma ZHANG Lisong, YE Mingtian, PANG Lei, ZHANG Qiaogen, SU Zhenxi, XU Xiaodong(362)

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	Lǚ 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)
M. Farzaneh (Canada)		M. Muhr (Austria)		S. M. Gubanski (Sweden)		L. A. Dissado (UK)
Abstracted / Indexed in		Ei Compendex Science Abstracts (INSPEC) Chemical Abstracts		Abstracts Journal Cambridge Scientific Abstracts Japan Science & Technology Agency		
Competent Authorities		State Grid Corporation of China		Publication Number		
Sponsors		National Center for High Voltage Measurement Chinese Society for Electrical Engineering		ISSN 1003-6520		
Editor and Publisher		High Voltage Engineering Editorial Department of CEPRI		CODEN GAJIE5		
Editor in Chief		GUO Jianbo		Add Wuhan 430074, China		
Director		YAN Meng		Web Site http://hve.epri.sgcc.com.cn		
Editor in Charge		CHEN Man		E-mail hve@epri.sgcc.com.cn		
				Tel 86-27-59835528, 59835518		
				Fax 86-27-59835529		



连接全球电缆

光明万户千家

64/110 kV 交联聚乙烯绝缘电力电缆用 自延快速修复绝缘(直通)接头 新产品通过鉴定



【绝缘接头】



【直通接头】



2019年12月7日,长缆电工科技股份有限公司(以下简称“长缆科技”)顺利通过“64/110 kV 交联聚乙烯绝缘电力电缆用自延快速修复绝缘(直通)接头”新产品鉴定。

鉴定委员会认为,长缆科技研制的“64/110 kV 交联聚乙烯绝缘电力电缆用自延快速修复绝缘(直通)接头”达到国际先进水平,同意通过鉴定。

检测报告



【检测报告】

110 kV 交联聚乙烯
绝缘电力电缆用
自延快速修复直通/绝缘接头



【实用新型专利证书】

一种用于快速抢修的
电缆中间接头

应用领域

目前,随着电力行业的迅速发展,工业及居民用电量的迅猛增加,电力电缆线路因负荷、意外火灾、电缆质量、附件质量等方面影响,容易出现故障,且一般故障线路预留长度不足,导致线路抢修存在困难,不仅空间限制,时间方面也存在诸多限制影响因素。而自延快速修复接头能在一定程度上解决此类棘手问题。其可适用于以下情况:

- 适用于已投运的电缆线路,在原中间接头位置进行一换一的情况;
- 适用于已投运电缆因电缆意外损伤需要截断电缆的情况;
- 适用于两端电缆间距不大于 400 mm 电缆的连接情况;
- 可与快速抢修车配合,敷设临时电缆,恢复线路临时供电;
- 适用于已投运的电缆线路因电缆或接头出现故障,需要截断一段电缆,但空间有限,无法通过增补电缆及中间接头对回路进行修复的情况;
- 在西安、武汉、长春、大连等多地均有案例。



长缆电工科技股份有限公司
Changlan Electric Technology Co., Ltd.

股票简称:长缆科技 | 股票代码:002879

地址:湖南省长沙市高新区麓谷工业园桐梓坡西路223号 邮编:410205
销售热线/传真:0731-85638777 85512244 (传真)
电子邮箱:csdlfjwd@vip.163.com 网址:www.clkj.com.cn
技术支持热线/传真:0731-85524726 88919461 (传真)