



高电压技术

Compendex 核心期刊

面向新型电力系统的电力物联网关键技术专题
高比例新能源电力系统稳定性分析与控制专题

January 2022 Vol.48, 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。



目次

面向新型电力系统的电力物联网关键技术专题

- 新型电力系统背景下的输变电数字化转型·····江秀臣, 许永鹏, 李曜丞, 狄凌芳, 刘亚东, 盛戈隼(1)
- 配电设备监测信号的压缩感知与设备异常识别·····王艳, 李煜, 赵洪山, 王龄婕, 赵一字(11)
- 基于叉指电容效应的光伏组件覆冰雪监测技术·····朱永灿, 熊浩男, 田毅, 纪超, 胡杰(20)
- 高压电缆终端铅封缺陷超声相控阵柔性耦合检测·····方春华, 胡冻三, 陶玉宁, 曹京荣, 陈杰, 游海鑫(29)
- 外置光纤光栅传感器测量电缆附件界面压力的方法研究·····王霞, 樊卓杨, 吴超, 吴锴(38)
- 基于姿态感知系统的隔离开关故障诊断·····袁欢, 孙正可, 王露缙, 杨爱军, 王小华, 荣命哲(47)
- 基于多参量光纤 F-P 传感的变压器局部放电与油温传感方法·····张知先, 雷嘉丽, 陈伟根, 蔚超, 吴柯洁, 项施叶子(58)
- 电力设备多源异构数据空间合成与立体展示方法·····姜骞, 刘亚东, 严英杰, 裴凌, 杨胜亚, 江秀臣(66)
- 基于非冗余四阶累积量的变电站声源定向方法·····张瑶, 罗林根, 陈敬德, 盛戈隼, 江秀臣(75)
- 基于复杂系统理论的电力通信耦合网络模型构建及节点重要度评估方法·····王子欣, 苗世洪, 郭舒毓, 殷浩然(84)

高比例新能源电力系统稳定性分析与控制专题

- 高比例新能源电力系统振荡机理及其分析方法研究综述·····刘芳, 刘威, 汪浩东, 李研, 徐韞钰(95)
- 扩大有效阻尼区的改进型电容电流反馈有源阻尼策略·····刘鸿鹏, 边新新, 张伟, 曹云峰, 陈继开(114)
- 含风电互联系统的 SVC 附加双通道广域阻尼控制设计·····聂永辉, 庄灿冰, 郭强, 高磊, 吴奉瞳(125)
- 低压微网阻性逆变器并联运行控制策略·····张继红, 赵锐, 刘云飞, 杨培宏, 吴振奎, 张新(136)
- 考虑动态电压区间无功支撑的双馈风机连锁故障穿越控制策略·····姜惠兰, 王绍辉, 李希钰, 肖瑞(147)
- 直流微电网中风电机组的暂态电量惯性控制策略·····付媛, 甄栋夫, 张祥宇, 赵欣艳, 王耀铎(156)
- 基于未失真因子的 LCC-MMC 混合直流输电线路保护方案·····张大海, 武传健, 和敬涵, 倪平浩(166)
- 基于功率谱密度分析的新能源电力系统等效惯量评估·····刘巨, 赵红生, 李梦颖, 杜治, 杨东俊, 姚伟(178)
- 计及集中式和分布式新能源的电力系统连锁故障模拟·····孟凡成, 郭琦, 康宏伟, 张敏昊, 王蕾报, 张德亮(189)
- 弱电网下三相并网变流系统全线性自抗扰控制及其小干扰稳定性分析·····聂飞, 徐海亮, 刘壮壮, 刘娜, 王艳松(199)
- 输入串联输出并联中压直流变压器阻抗特性及稳定性分析·····李硕, 王建华, 李旭枫, 肖小龙(210)
- 弱电网下 VSC 的多维度建模及稳定性分析·····赵雨童, 高飞, 俞嘉浩, 张博深, 郑启鹏(220)
- 背靠背直流互联系统主动频率响应控制策略·····吴限, 李梓锋, 李卫东, 晋萃萃(232)
- 基于定量设计虚拟阻抗的 VSG 低电压穿越策略·····刘航, 王跃, 刘永慧, 彭阳, 李明炬, 雷万钧(245)

大功率电力电子与智能输配电

- 基于混合坐标系的单相逆变器控制及振荡抑制方法·····董德智, 吴园园, 张涛, 王悦(257)
- 一二次融合开关设备操作电磁骚扰特性及防护研究进展·····王华清, 黄道春, 陈鑫, 双明镜, 李慧鹏, 邱逸群(269)

电气装备及其智能运维

- 三芳甲烷类电气设备可逆示温材料的制备与性能测试·····胡琴, 黄洪松, 赵法强, 邓莎莎, 蒋兴良, 陈加文(281)
- 坡型风攻角下绝缘子串动态风偏响应特性·····胡鑫, 王璋奇, 田瑞(289)
- 基于解耦分析和欧式距离的特高压变压器顶层油温预测方法·····谭风雷, 朱超, 徐刚, 陈昊, 何嘉弘(298)
- 基于温度概率密度的变电站高压设备故障热红外图像识别方法·····肖懿, 罗丹, 蒋沁知, 胡露, 黎昌盛, 张莉(307)
- 基于波形衰减因子的电缆接头绝缘早期故障状态监测·····瞿科, 张文海, 肖先勇, 楚恬歆(318)
- 10 kV 高压开关柜内部短路电弧冲击过程仿真及安全设计·····董盼, 杨鑫, 贾鹏飞, 仇炜, 钟焱龙, 雷佳成(328)
- GIS 内光信号传播及传感器布局方式研究·····吴诗优, 郑书生, 钟爱旭(337)

脉冲功率与放电等离子体

- 极低工作系数下 SF₆ 间隙开关喷射等离子体诱导击穿作用规律·····董冰冰, 张泽霖, 李志兵, 张竹, 向念文(348)

伪火花放电初始阶段电势势垒形成的仿真研究·····孙国祥, 申赛康, 闫家启, 丁卫东(358)

新能源装备及其并网

计及车辆转移机制的含 BSS 微网联合系统优化调度策略·····崔 杨, 刘柏岩, 赵钰婷, 王茂春, 王 铮(366)

基于生成矩匹配网络的光伏和风电随机场景生成·····朱瑞金, 廖文龙, 王玥珑, 王煜森, 陈洁婧(374)

光伏直流升压汇集系统级联变换器虚拟阻抗控制·····田艳军, 刘腾飞, 王 毅, 陈映妃, 李赢正(385)

风电在电力系统恢复规划中的应用·····魏东辉, 房俊龙(398)

广告索引·····(408)

《高电压技术》编辑委员会

主任委员 陈维江

副主任委员 汤广福 荣命哲 廖瑞金 曾 嵘

委 员 (以姓氏笔画为序)

丁立健	马为民	王成山	王伟胜	王新新	王黎明	文习山	文劲宇	卢新培	司马文霞	吕运强	邬 雄	刘云鹏
刘进军	刘尚合	齐 磊	江秀臣	汲胜昌	许树楷	阮 羚	阮江军	杜伯学	杨迎建	李 剑	李 鹏	李立涅
李成榕	李庆民	李兴文	李建林	李盛涛	李清泉	严 萍	吴 锴	吴广宁	吴云喜	何金良	何俊佳	邱爱慈
谷山强	迟永宁	张乔根	张晓星	陆佳政	陈小良	陈庆国	邵 涛	周 凯	周远翔	郑健超	胡 毅	胡家兵
赵 鹏	赵争鸣	律方成	饶 宏	贺之渊	党智敏	徐 政	殷 禹	高克利	唐 炬	梅生伟	盛万兴	盛戈峰
董旭柱	蒋兴良	程时杰	雷 民	雷清泉	路书军	蔡 旭	蔡 炜	潘 垣	薛禹胜			

Chengke Zhou(UK) E. Gockenbach(Germany) J. J. Smit(the Netherlands) K. Hidaka(Japan) L. A. Dissado(UK) M. Farzaneh(Canada)
M. Muhr(Austria) S. M. Gubanski(Sweden)

青年委员

王 鹏	方 志	刘定新	齐 波	杜 雄	杨 庆	李 化	李 琦	何晋伟	余占清	辛焕海	宋 强	张 波
张书琦	张春朋	陈 武	陈向荣	陈来军	林 磊	胡建林	查俊伟	郭春义	高 宇	高国强	唐 波	黄兴溢
黄道春	章 程	裴 玮	戴 栋									

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

高电压技术 (月刊, 1975 年创刊)

《工程索引》(Ei) 核心期刊	《文摘与引文数据库》(Scopus) 收录期刊	《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	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: 国家电网有限公司	地 址: 湖北省武汉市珞喻路 143 号
主办单位: 国家高电压计量站 中国电机工程学会	邮 政 编 码: 430074
编辑出版: 中国电科院期刊中心《高电压技术》编辑部	网 址: http://hve.epri.sgcc.com.cn
主 编: 赵 鹏	电 子 信 箱: hve@epri.sgcc.com.cn
副 主 编: 高克利 李 鹏 胡 毅 何金良 文劲宇 李盛涛	印 刷: 武汉市宏达盛印务有限公司
专 题 主 编: 赵 鹏 许海清 栾文鹏 蒲天骄 文劲宇 李 勇 辛焕海 姚 伟	国 内 发 行: 中国邮政集团公司湖北省分公司 邮发代号 38-24
编辑部主任: 严 梦	国 外 发 行: 中国国际图书贸易总公司 代号 M982
责任编辑: 陈 蔓 程子丰	国 内 定 价: 90.00 元/期
组稿编辑: 曾文君 陈 蔓	中国标准连续出版物号: ISSN 1003-6520 CN 42-1239/TM
编辑部: (027) 59258041	国际刊名代码 (CODEN): GAJIE5
广告发行部: (027) 59258042	广告发布登记编号: 鄂广登准字[2019]420000029
传 真: (027) 59835529	

期刊基本参数: CN42-1239/TM * 1975 * m * A4 * 400 * zh * P * ¥90.00 * 6600 * 39 * 2022-01

High Voltage Engineering

(Monthly, since 1975)

Vol. 48. No.1 (Ser. 350)

January 31, 2022

CONTENTS

Special Issue on Key Technologies of Power Internet of Things for the New Power System

- Digitalization Transformation of Power Transmission and Transformation Under the Background of New Power System.....
.....JIANG Xiuchen, XU Yongpeng, LI Yaocheng, DI Lingfang, LIU Yadong, SHENG Gehao(1)
- Compressed Sensing of Monitoring Signals for Power Distribution Equipment and Equipment Abnormal Recognition
.....WANG Yan, LI Yu, ZHAO Hongshan, WANG Lingjie, ZHAO Yiyu(11)
- Monitoring Technology of Ice-snow-covered Photovoltaic Modules Based on Interdigital Capacitance
.....ZHU Yongcan, XIONG Haonan, TIAN Yi, JI Chao, HU Jie(20)
- Ultrasonic Phased Array Flexible Coupling Detection of Lead-sealing Defects in High Voltage Cable Terminals
.....FANG Chunhua, HU Dongsan, TAO Yuning, CAO Jingying, CHEN Jie, YOU Haixin(29)
- External Fiber Grating Sensor Used for Measurement of Interface Pressure Between Cable and Accessory
.....WANG Xia, FAN Zhuoyang, WU Chao, WU Kai(38)
- Fault Diagnosis of Disconnecter Based on Attitude Sensing System
.....YUAN Huan, SUN Zhengke, WANG Lujin, YANG Aijun, WANG Xiaohua, RONG Mingzhe(47)
- Transformer's Partial Discharge and Oil Temperature Sensing Method Based on Multi-parameter Fiber Optic F-P Sensing
.....ZHANG Zhixian, LEI Jiali, CHEN Weigen, WEI Chao, WU Kejie, XIANG Shiyezi(58)
- Spatial Synthesis and Stereoscopic Display Method for Multi-source Heterogeneous Data of Power Equipment
.....JIANG Qian, LIU Yadong, YAN Yingjie, PEI Ling, YANG Shengya, JIANG Xiuchen(66)
- Acoustic Source Location Method for Substation Based on Non-redundant Fourth-order Cumulant
.....ZHANG Yao, LUO Linggen, CHEN Jingde, SHENG Gehao, JIANG Xiuchen(75)
- Construction of Power Communication Coupling Network Model and Node Importance Evaluation Method Based on Complex System Theory
.....WANG Zixin, MIAO Shihong, GUO Shuyu, YIN Haoran(84)

Special Issue on Stability Analysis and Control of Power System Integrating High Penetration Renewable Energy

- Review on Oscillation Mechanism and Analysis Methods of High Proportion Renewable Energy Power System
.....LIU Fang, LIU Wei, WANG Haodong, LI Yan, XU Yunyu(95)
- Novel Capacitor Current Feedback Active Damping Strategy for Extending the Range of Equivalent Virtual Damping
.....LIU Hongpeng, BIAN Xinxin, ZHANG Wei, CAO Yunfeng, CHEN Jikai(114)
- Design of SVC with Additional Two-channel Wide-area Damping Control for Wind Power Interconnection System
.....NIE Yonghui, ZHUANG Canbing, GUO Qiang, GAO Lei, WU Fengtong(125)
- Resistive Inverters Output Impedance Parallel Operation Strategy in Low-voltage Microgrid
.....ZHANG Jihong, ZHAO Rui, LIU Yunfei, YANG Peihong, WU Zhenkui, ZHANG Xin(136)
- Cascading Fault Ride-through Control Strategy for Doubly-fed Wind Turbines Considering Reactive Power Support in Dynamic Voltage Range
.....JIANG Huilan, WANG Shaohui, LI Xiyu, XIAO Rui(147)
- Transient Electric Quantity Inertial Control Strategy for Wind Turbines in DC Microgrid
.....FU Yuan, ZHEN Dongfu, ZHANG Xiangyu, ZHAO Xinyan, WANG Yaoduo(156)
- Protection Scheme for Transmission Lines of LCC-MMC Hybrid HVDC System Based on Undistorted Factor
.....ZHANG Dahai, WU Chuanjian, HE Jinghan, NI Pinghao(166)
- An Equivalent Inertia Evaluation Method of Power System Based on Power Spectral Density Analysis
.....LIU Ju, ZHAO Hongsheng, LI Mengying, DU Zhi, YANG Dongjun, YAO Wei(178)
- Cascading Failure Simulation for Power System with Utility-scale and Distributed Renewable Energy
.....MENG Fancheng, GUO Qi, KANG Hongwei, ZHANG Minhao, WANG Leibao, ZHANG Deliang(189)
- All LADRC Control and Small Signal Stability Analysis of Three-phase Grid-connected Converter System Under Weak AC Grid Condition
.....NIE Fei, XU Hailiang, LIU Zhuangzhuang, LIU Na, WANG Yansong(199)
- Impedance Characteristics and Stability Analysis of Input-series Output-parallel Medium-voltage DC Transformer
.....LI Shuo, WANG Jianhua, LI Xufeng, XIAO Xiaolong(210)
- Multi-dimensional Modeling and Stability Analysis of VSC Connecting to Weak Grid
.....ZHAO Yutong, GAO Fei, YU Jiahao, ZHANG Boshen, ZHENG Qipeng(220)
- An Active Frequency Response Control Strategy for Back-to-back DC Interconnection System
.....WU Xian, LI Zifeng, LI Weidong, JIN Cuicui(232)
- The LVRT Strategy for VSG Based on the Quantitatively Designed Virtual Impedance
.....LIU Hang, WANG Yue, LIU Yonghui, PENG Yang, LI Mingxuan, LEI Wanjuan(245)

High-power Electrical Electronics and Intelligent Transmission and Distribution

- Control Strategy of Single-phase Inverter Based on Hybrid Reference Frame and Oscillation Elimination
.....DONG Dezhi, WU Yuanyuan, ZHANG Tao, WANG Yue(257)
- Research Progress in Electromagnetic Disturbance Characteristics and Protection Due to Switching Operations of Primary and Secondary Integrated Switchgear
.....WANG Huaqing, HUANG Daochun, CHEN Xin, SHUANG Mingjing, LI Huipeng, QIU Yiqun(269)

Development, Intelligent Operation and Maintenance of Power Equipments

Preparation and Performance Test of Triarylmethane Reversible Temperature-indicating Material for Electrical Equipment HU Qin, HUANG Hongsong, ZHAO Faqiang, DENG Shasha, JIANG Xingliang, CHEN Jiawen(281)

Dynamic Wind-induced Deflection Response Characteristics of Insulator String Under Slope Wind Attack Angle HU Xin, WANG Zhangqi, TIAN Rui(289)

Method of UHV Transformer Top Oil Temperature Forecasting Based on Decoupling Analysis and Euclidean Distance TAN Fenglei, ZHU Chao, XU Gang, CHEN Hao, HE Jiahong(298)

Thermal Infrared Image Recognition Method for High Voltage Equipment Failure in Substation Based on Temperature Probability Density XIAO Yi, LUO Dan, JIANG Qinzhi, HU Lu, LI Changsheng, ZHANG Li(307)

Condition Monitoring for Incipient Faults of Cable Joint Insulation Based on Waveform Attenuation Factor QU Ke, ZHANG Wenhai, XIAO Xianyong, CHU Tianxin(318)

Simulation and Safety Design of Internal Short-circuit Arc Impact Process of 10 kV High Voltage Switchgear DONG Pan, YANG Xin, JIA Pengfei, QIU Wei, ZHONG Miaolong, LEI Jiacheng(328)

Research on Optical Signal Propagation and Sensor Layout in GIS WU Shiyu, ZHENG Shusheng, ZHONG Aixu(337)

Pulsed Power, Discharge and Plasmas

Induced Breakdown Law of Plasma Jet-triggered SF₆ Gap Switch at Very Low Operating Coefficient DONG Bingbing, ZHANG Zelin, LI Zhibing, ZHANG Zhu, XIANG Nianwen(348)

Simulation Investigation on the Formation of Potential Barrier in the Initial Stage of Pseudospark Discharge SUN Guoxiang, SHEN Saikang, YAN Jiaqi, DING Weidong(358)

Development and Grid Entry of New Energy Equipments

Optimal Scheduling Strategy for Joint System with Microgrid Containing BSS Considering Vehicle Transfer Mechanism CUI Yang, LIU Baiyan, ZHAO Yuting, WANG Maochun, WANG Zheng(366)

Stochastic Scenarios Generation for Wind Power and Photovoltaic System Based on Generative Moment Matching Network ZHU Ruijin, LIAO Wenlong, WANG Yuelong, WANG Yusen, CHEN Jiejing(374)

Virtual Impedance Control for Cascaded Converters in Photovoltaic DC Boost Collection System TIAN Yanjun, LIU Tengfei, WANG Yi, CHEN Yingfei, LI Yingzheng(385)

Application of Wind Power in Power System Restoration Planning WEI Donghui, FANG Junlong(398)

Chairman of Editorial Committee	CHEN Weijiang					
Vice Chairmen of Editorial Committee	TANG Guangfu	RONG Mingzhe	LIAO Ruijin	ZENG Rong		
Members of Editorial Committee						
DING Lijian	MA Weimin	WANG Chengshan	WANG Weisheng	WANG Xinxin	WANG Liming	WEN Xishan
WEN Jinyu	LU Xinpei	SIMA Wenxia	LÜ Yunqiang	WU Xiong	LIU Yunpeng	LIU Jinjun
LIU Shanghe	QI Lei	JIANG Xiuchen	JI Shengchang	XU Shukai	RUAN Ling	RUAN Jiangjun
DU Boxue	YANG Yingjian	LI Jian	LI Peng	LI Licheng	LI Chengrong	LI Qingmin
LI Xingwen	LI Jianlin	LI Shengtao	LI Qingquan	YAN Ping	WU Kai	WU Guangning
WU Yunxi	HE Jinliang	HE Junjia	QIU Aici	GU Shanqiang	CHI Yongning	ZHANG Qiaogen
ZHANG Xiaoxing	LU Jiazheng	CHEN Xiaoliang	CHEN Qingguo	SHAO Tao	ZHOU Kai	ZHOU Yuanxiang
ZHENG Jianchao	HU Yi	HU Jiabing	ZHAO Peng	ZHAO Zhengming	LÜ Fangcheng	RAO Hong
HE Zhiyuan	DANG Zhimin	XU Zheng	YIN Yu	GAO Keli	TANG Ju	MEI Shengwei
SHENG Wanxing	SHENG Gehao	DONG Xuzhu	JIANG Xingliang	CHENG Shijie	LEI Min	LEI Qingquan
LU Shujun	CAI Xu	CAI Wei	PAN Yuan	XUE Yusheng		
Chengke Zhou(UK)	E. Gockenbach (Germany)	J. J. Smit (the Netherlands)	K. Hidaka (Japan)	L. A. Dissado (UK)		
M. Farzaneh (Canada)	M. Muhr (Austria)	S. M. Gubanski (Sweden)				

Young Members of Editorial Committee

WANG Peng	FANG Zhi	LIU Dingxin	QI Bo	DU Xiong	YANG Qing	LI Hua
LI Qi	HE Jinwei	YU Zhanqing	XIN Huanhai	SONG Qiang	ZHANG Bo	ZHANG Shuqi
ZHANG Chunpeng	CHEN Wu	CHEN Xiangrong	CHEN Laijun	LIN Lei	HU Jianlin	ZHA Junwei
GUO Chunyi	GAO Yu	GAO Guoqiang	TANG Bo	HUANG Xingyi	HUANG Daochun	ZHANG Cheng
PEI Wei	DAI Dong					

Competent Authorities	State Grid Corporation of China	Publication Number	ISSN 1003-6520
Sponsors	National Center for High Voltage Measurement Chinese Society for Electrical Engineering	CODEN	GAJIE5
Editor and Publisher	High Voltage Engineering Editorial Department of CEPRI	Add	Wuhan 430074, China
Editor in Chief	ZHAO Peng	Web Site	http://hve.epri.sgcc.com.cn
Director	YAN Meng	E-mail	hve@epri.sgcc.com.cn
Editor in Charge	CHEN Man	Tel	86-27-59258041, 59258042
		Fax	86-27-59835529



热烈祝贺中天科技海缆股份有限公司 2021年两项新产品通过鉴定 ±400 kV柔性直流海底电缆顺利投运

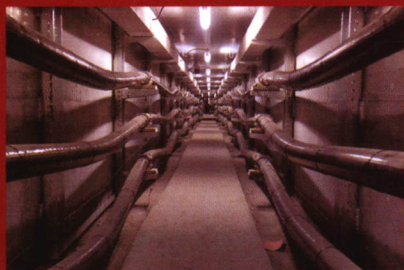


近些年，中天科技海缆股份有限公司在产品创新领域硕果累累，产品应用各大重点工程，110、220 kV平铝套电缆安全运行一周年！

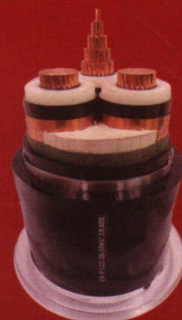
2021年12月25日，“额定电压10 kV耐火光纤复合电力电缆”及“额定电压35 kV聚丙烯绝缘电缆”顺利通过了由中国电力企业联合会组织的新产品技术鉴定。



2020年北区变
110 kV线路工程用平铝套电缆



2020年220 kV
兆群金红叶改造用平铝套电缆



35 kV PP绝缘电缆

中天科技海缆股份有限公司

地址：江苏省南通市经济技术开发区齐心路109号
传真：86-513-83599715 邮编：226010

电话：86-513-83599776
网址：www.chinaztt.com

