

高电压技术



Compendex 核心期刊

储能材料专题

July 2017 Vol.43, No.7



传输璀璨梦想 智连美好生活

TRANSMIT SHINING DREAM
SMARTLY CONNECT BETTER LIFE



AC500 kV×1 800 mm²
交联聚乙烯绝缘海缆



DC525 kV×3 000 mm²
交联聚乙烯绝缘海缆



220 kV 3×800 mm²
光电复合海底电缆

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

ISSN 1003-6520



国家高电压计量站
中国电机工程学会 主办

2017-7

目次

直流输电及大功率电力电子

基于虚拟直流发电机的光伏系统控制策略	程启明, 杨小龙, 褚思远, 张强, 黄山(2097)
基于多测点的特高压长距离直流输电线路行波故障测距	束洪春, 田鑫萃, 白冰, 陈辉瀚(2105)
考虑雨天的直流±800 kV 与交流 500 kV 并行输电线路 3 维混合电场及静电感应分析	马爱清, 陈健(2114)
基于时序仿真和 GA 的风储系统储能容量优化配比	袁铁江, 车勇, 孙谊嫔, 张龙, 梅生伟(2122)
直流换相失败及恢复过程暂态无功特性及控制参数影响	屠竞哲, 张健, 曾兵, 刘明松, 易俊, 卜广全(2131)
基于柔性直流分区互联的受端城市电网无功电压控制策略	于汀, 蒲天骄, 刘广一, 黄仁乐, 杨增辉(2140)
基于可关断器件电力电子装置纳秒级开关暂态实时仿真技术研究	周飞, 于弘洋, 王威峰, 陆振纲, 潘冰, 荆平(2146)
天广直流工程换流阀异常导通原因分析及对策	王振, 钱海, 周尚礼, 陈欢, 国建宝, 李晋伟(2154)
直流感地极引起的电气化铁路牵引变压器直流电流计算	刘士利, 李承彬, 拾杨, 钱成, 刘磊(2161)
交直流同步电网异步分隔的一般性原则	董桓锋, 徐政, 钱迎春, 司大军, 宋鹏程, 邢法财(2167)
基于傅里叶级数的改进型 IGCT 物理模型	王佳蕊, 孔力, 屈慧, 裴玮(2175)
具备直流故障电流阻断能力的 MMC 改进型拓扑的快速仿真算法	尹晓东, 郝全睿, 李正, 王淑颖(2183)

储能材料专题

铁电聚合物基纳米复合电介质储能材料研究进展	查俊伟, 郑明胜, 党智敏(2194)
三明治结构聚偏氟乙烯基复合介质的微结构设计及介电特性	迟庆国, 陈辰, 张月, 张昌海, 王暄, 雷清泉(2204)
高介电常数低介电损耗 PEG@graphene/PVDF 复合材料的制备及性能研究	李玉超, 王双双, 葛祥才, 战艳虎, 廖成竹, 卢周广(2211)
一步法制备 PANI@Ag 纳米纤维及其 PVDF 基复合膜介电性能研究	王海燕, 张晓婷, 孙梦晓, 魏玉鹏, 李澜, 张定军(2216)
高能量密度镍钴铝酸锂/钛酸锂电池体系的热稳定性研究	张明杰, 杨凯, 段舒宁, 刘皓, 高飞, 耿萌萌(2221)
机器学习在储能陶瓷 Ba(Ti _{1-x} Hf _x)O ₃ 介电常数寻优中的应用	刘泳斌, 高景晖, 闫文博, 王妍, 何芷欣, 钟力生(2229)
高储能聚合物基纳米复合电介质	蒋婉蓉, 解云川, 张志成(2234)
不同健康状态等级的储能磷酸铁锂电池熵变系数及放电产热研究	王康康, 高飞, 杨凯, 惠娜, 刘皓, 朱艳丽(2241)

输配电设备状态评价与故障诊断

基于改进灰色组合模型的变电设备故障率预测	吴广宁, 倪雪松, 宋臻杰, 高波(2249)
基于峰度的变压器油中特征气体拉曼光谱分析	陈新岗, 杨定坤, 谭昊, 马骏, 谭毓苗(2256)
电气设备局部放电模式识别研究综述	唐志国, 唐铭泽, 李金忠, 王健一, 吴超, 汪可(2263)
基于巨磁阻效应的高性能电流传感器及其在智能电网的量测应用	胡军, 赵帅, 欧阳勇, 何金良, 王善祥, 常文治(2278)
基于广义回归神经网络的变压器表面振动基频幅值计算	李中, 张卫华, 孙娜, 宋天慧(2287)
500 kV 支柱绝缘子带电水冲洗清洗效率试验研究	蔡力, 樊亚东, 王建国, 黄松波, 廖一帆, 周蜜(2294)
特高压交流同塔双回输电线路可听噪声长期测试数据分析	张业茂, 李睿, 周兵, 刘震寰, 何旺龄, 李斌(2301)
硅橡胶电晕老化后的陷阱对其闪络电压的影响	梁英, 靳哲, 张君成(2309)
人工雾霾环境下超疏水涂层绝缘子运行性能研究	魏远, 李剑, 卢明, 黄正勇, 颜薪瞩(2316)
基于 Markov 决策过程的输变电设备最佳检修决策	贾京苇, 侯慧娟, 杜修明, 段大鹏, 盛戈皞, 江秀臣(2323)

电网安全与运行

考虑深层大地电阻率的广域电流场数值计算	文习山, 刘晨蕾, 李伟, 潘卓洪, 蔡汉生, 胡上茂(2331)
基于 K 值法的单相四柱式特高压主体变的 GIC-Q 损耗计算	刘连光, 朱溪, 王泽忠, 陈剑, 钱晨(2340)
500 kV 水平布置输电线路相间间隔棒防舞仿真分析	卢明, 任永辉, 向玲, 张博, 魏建林(2349)
基于外推追赶迭代法的 MPPT 算法仿真	杨奕, 王建山, 杨元培, 张烨, 陆艳娟(2355)
储能电池参与电网快速调频的自适应控制策略	李欣然, 邓涛, 黄际元, 黎淑娟, 杨俊, 邓敏(2362)

配电变压器更换优先级模型	孙 莹, 于 琳, 李可军, 梁永亮, 肖文文(2370)
极值风速地域性演化及对风力发电机组安全性的影响	苏 盛, 高大兵, 杨洪明, 刘光远, 陈金富, 郭志全(2378)
基于随机矩阵理论的电力扰动事件时空关联	莫文雄, 许 中, 肖 斐, 艾 芊, 马智远, 贺 兴(2386)
大电网失步解列难点问题及隔离策略初步构想	丁 剑, 马世英, 赵 伟, 秦晓辉, 刘道伟, 李 东(2394)
消弧线圈接地系统同母多回线相继故障分析	吴争荣, 蔡颖倩, 张俊潇, 董旭柱, 王 钢, 刘志文(2402)
基于支路势能函数失步判据的华中电网失步解列策略	邵德军, 徐友平, 奚江惠, 张志强, 张 顺, 孙海顺(2410)
混合型限流熔断器爆炸活塞式高速开断装置炸药腔室结构分析及优化	李 枫, 庄劲武, 江壮贤, 武 瑾, 赵 宏(2417)
并网光伏电站 MW 级电池储能系统应用及响应时间测试	靳文涛, 徐少华, 张德隆, 李建林(2425)

《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
主 办 单 位: 国家高电压计量站
中国电机工程学会
编 辑 出 版: 中国电力科学研究院期刊中心《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: 查俊伟
编辑部副主任: 严 梦 编 辑 部: (027) 59835528
责 任 编 辑: 陈 蔓 程子丰 广 告 发 行 部: (027) 59835518
专题组稿编辑: 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: 69.00 元/期
中国标准连续出版物号: [ISSN 1003-6520](https://www.issn.org/)
CN 42-1239/TM
国际刊名代码 (CODEN): GAJIE5
广告发布登记编号: 鄂工商广登[2017]25 号



期刊基本参数: CN42-1239/TM * 1975 * m * A4 * 336 * zh * P* ¥69.00 * 6600 * 43 * 2017-07

High Voltage Engineering

(Monthly, since 1975)

Vol. 43, No.7 (Ser. 296)

July 31, 2017

CONTENTS

HVDC Transmission and High-power Electronics

- Research on Control Strategy of PV System Based on Virtual DC Generator CHENG Qiming, YANG Xiaolong, CHU Siyuan, ZHANG Qiang, HUANG Shan(2097)
- Fault Location for Traveling Wave Based on Multi Measuring Points for UHVDC Long Distance Transmission Line SHU Hongchun, TIAN Xincui, BAI Bing, CHEN Huihan(2105)
- Analysis on Three-dimensional Hybrid Electric Field and Related Electrostatic Induction Effect of ± 800 kV DC and 500 kV AC Parallel Transmission Line Considering Rainy Days MA Aiqing, CHEN Jian(2114)
- Optimized Proportion of Energy Storage Capacity in Wind-storage System Based on Timing Simulation and GA Algorithm YUAN Tiejiang, CHE Yong, SUN Yiqian, ZHANG Long, MEI Shengwei(2122)
- HVDC Transient Reactive Power Characteristics and Impact of Control System Parameters During Commutation Failure and Recovery TU Jingzhe, ZHANG Jian, ZENG Bing, LIU Mingsong, YI Jun, BU Guangquan(2131)
- Reactive Power and Voltage Control Strategy of Receiving-end Urban Power Grid with Flexible DC Interconnected Between Partitions YU Ting, PU Tianjiao, LIU Guangyi, HUANG Renle, YANG Zenghui(2140)
- Research on Nanosecond Switching Transient Real Time Simulation Based on Switchable Power Electronics Device ZHOU Fei, YU Hongyang, WANG Weifeng, LU Zhengang, PAN Bing, JING Ping(2146)
- Cause Analysis and Countermeasures for the Abnormal Conduction of Converter Valve in Tian-Guang HVDC Project WANG Zhen, QIAN Hai, ZHOU Shangli, CHEN Huan, GUO Jianbao, LI Jinwei(2154)
- Calculation of DC Current Caused by DC Ground Electrode in Traction Transformer of Electrified Railway LIU Shili, LI Chengbin, SHI Yang, QIAN Cheng, LIU Lei(2161)
- General Principle of Asynchronous Segment for AC/DC Synchronous Power Systems DONG Huanfeng, XU Zheng, QIAN Yingchun, SI Dajun, SONG Pengcheng, XING Facai(2167)
- Improved IGCT Physical Model Based on Fourier Series WANG Jiarui, KONG Li, QU Hui, PEI Wei(2175)
- Fast Simulation Method for Improved Topologies of Modular Multilevel Converter with DC Fault Current Blocking Capability YIN Xiaodong, HAO Quanrui, LI Zheng, WANG Shuying(2183)

Energy Storage Materials

- Research Progress of Ferroelectric Polymer-based Composites with High Energy Density ZHA Junwei, ZHENG Mingsheng, DANG Zhimin(2194)
- Microstructure Design and Dielectric Properties of Sandwich Structured Poly (Vinylidene Fluoride) Based Dielectric Composite CHI Qingguo, CHEN Chen, ZHANG Yue, ZHANG Changhai, WANG Xuan, LEI Qingquan(2204)
- Fabrication and Characterization of PEG@graphene/PVDF Nanocomposite with High Permittivity and Low Loss LI Yuchao, WANG Shuangshuang, GE Xiangcai, ZHAN Yanhu, LIAO Chengzhu, LU Zhouguang(2211)
- Preparation of PANI@Ag Nano-fibers by One-step Way and Study of Dielectric Properties of Its PVDF Based Composite Films WANG Haiyan, ZHANG Xiaoting, SUN Mengxiao, WEI Yupeng, LI Lan, ZHANG Dingjun(2216)
- Thermal Stability of High Energy Density $\text{LiNi}_{0.815}\text{Co}_{0.15}\text{Al}_{0.035}\text{O}_2 / \text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ Battery ZHANG Mingjie, YANG Kai, DUAN Shuning, LIU Hao, GAO Fei, GENG Mengmeng(2221)
- Application of Machine Learning in Optimization of High-permittivity Energy-storage $\text{Ba}(\text{Ti}_{1-x}\text{Hf}_x)\text{O}_3$ Ceramic LIU Yongbin, GAO Jinghui, YAN Wenbo, WANG Yan, HE Zhixian, ZHONG Lisheng(2229)
- Polymer-based Nanocomposite Dielectrics with High Energy Storage Capacity JIANG Wanrong, XIE Yunchuan, ZHANG Zhicheng(2234)
- Research of LiFePO_4/C Energy Storage Batteries' Entropy Coefficient and Discharge Heat Generation Based on the State of Health WANG Kangkang, GAO Fei, YANG Kai, XI Na, LIU Hao, ZHU Yanli(2241)

Fault Diagnosis and State Assessment of Power Transmission and Distribution Equipment

- Prediction for Substation Equipment Failure Rate Based on Improved Grey Combination Model WU Guangning, NI Xuesong, SONG Zhenjie, GAO Bo(2249)
- Raman Analysis on Characteristic Gases in Transformer Oil Based on Kurtosis CHEN Xingang, YANG Dingkun, TAN Hao, MA Jun, TAN Yumiao(2256)
- Review on Partial Discharge Pattern Recognition of Electrical Equipment TANG Zhiguo, TANG Mingze, LI Jinzhong, WANG Jianyi, WU Chao, WANG Ke(2263)
- High Performance Current Sensors Based on Giant Magnetoresistance Effect and Practical Applications in Smart Grids HU Jun, ZHAO Shuai, OUYANG Yong, HE Jinliang, WANG Shanxiang, CHANG Wenzhi(2278)
- Calculation of Vibration Fundamental Frequency Amplitude of Transformer Surface Based on Generalized Regression Neural Network LI Zhong, ZHANG Weihua, SUN Na, SONG Tianhui(2287)
- Experimental Research on Hot Washing Efficiency of 500 kV Post Insulator CAI Li, FAN Yadong, WANG Jianguo, HUANG Songbo, LIAO Yifan, ZHOU Mi(2294)
- Analysis of Long-term Measured Data of Audible Noise on UHV AC Double-circuit Transmission Lines on the Same Tower ZHANG Yemao, LI Rui, ZHOU Bing, LIU Zhenhuan, HE Wangling, LI Bin(2301)

Influence of Trap on Flashover Voltage of Silicone Rubber After Corona Aging	LIANG Ying, JIN Zhe, ZHANG Juncheng(2309)
Investigation on Insulation Performance of Insulators Coated with Super-hydrophobic Coating in Artificial Fog-haze Environment	WEI Yuan, LI Jian, LU Ming, HUANG Zhengyong, YAN Xinzhu(2316)
Optimum Maintenance Policy for Power Delivery Equipment Based on Markov Decision Process	JIA Jingwei, HOU Huijuan, DU Xiuming, DUAN Dapeng, SHENG Gehao, JIANG Xiuchen(2323)

Operation and Security of Power Grid

Computation for Wide-area Current Field Considering Deep Earth Resistivity	WEN Xishan, LIU Chenlei, LI Wei, PAN Zhuohong, CAI Hansheng, HU Shangmao(2331)
Calculation for Reactive Power Loss of Single-phase Four Limbs UHV Main Transformer Due to Geomagnetically Induced Currents with Parameter <i>K</i>	LIU Lianguang, ZHU Xi, WANG Zezhong, CHEN Jian, QIAN Chen(2340)
Simulation of Phase-to-ground Spacer for Anti-galloping of 500 kV Horizontal Arranged Transmission Lines	LU Ming, REN Yonghui, XIANG Ling, ZHANG Bo, WEI Jianlin(2349)
Simulation of MPPT Algorithm Based on the Extrapolation Ehasing Method	YANG Yi, WANG Jianshan, YANG Yuanpei, ZHANG Ye, LU Yanjuan(2355)
Battery Energy Storage Systems' Self-adaptation Control Strategy in Fast Frequency Regulation	LI Xinran, DENG Tao, HUANG Jiyuan, LI Shujuan, YANG Jun, DENG Min(2362)
Replacement Priority Assessment Model of Distribution Transformer	SUN Ying, YU Lin, LI Kejun, LIANG Yongliang, XIAO Wenwen(2370)
Spatial Variation in Wind Extremes Under the Context of Climate Change and Its Impact on Safety of Wind Turbines	SU Sheng, GAO Dabing, YANG Hongming, LIU Guangyuan, CHEN Jinfu, GUO Zhiquan(2378)
Research on Temporal-spatial Correlation of Power Disturbance Events Based on Random Matrix Theory	MO Wenxiong, XU Zhong, XIAO Fei, AI Qian, MA Zhiyuan, HE Xing(2386)
Difficulties and Preliminary Conception of Isolation Strategy on Power Grid Out of Step Islanding	DING Jian, MA Shiying, ZHAO Wei, QIN Xiaohui, LIU Daowei, LI Dong(2394)
Fault Analysis on Successive Fault of Multi-feeders Connected to the Same Bus in Resonant Grounding System	WU Zhengrong, CAI Yingqian, ZHANG Junxiao, DONG Xuzhu, WANG Gang, LIU Zhiwen(2402)
Splitting Strategy of Central China Power Grid Based on the Criterion of Branches Potential Energy Functions	SHAO Dejun, XU Youping, XI Jianghui, ZHANG Zhiqiang, ZHANG Shun, SUN Haishun(2410)
Structure Analysis and Optimum Design on Explosive Chamber of Explosive Piston Type High-speed Interrupter in Hybrid Current-limiting Fuse	LI Feng, ZHUANG Jinwu, JIANG Zhuangxian, WU Jin, ZHAO Hong(2417)
Application and Response Time Test of MW-level Battery Energy Storage System Used in PV Power Station	JIN Wentao, XU Shaohua, ZHANG Delong, LI Jianlin(2425)

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		
Sponsors	National Center for High Voltage Measurement			ISSN 1003-6520		
	Chinese Society for Electrical Engineering			CODEN GAJIE5		
Editor and Publisher	High Voltage Engineering Editorial Department of CEPRI			Add Wuhan 430074, China		
Editor in Chief	GUO Jianbo			Web Site http://hve.epri.sgcc.com.cn		
Director	YAN Meng			E-mail hve@epri.sgcc.com.cn		
Editor in Charge	CHEN Man			Tel 86-27-59835528, 59835518		
				Fax 86-27-59835529		



长缆电工科技股份有限公司
Changlan Electric Technology Co., Ltd.
(原长沙电缆附件有限公司)

连接全球电缆 光明万户千家



主要产品: 1~500 kV 交流电缆附件、320 kV 及以下直流电缆附件、智能在线监测系列产品、箱柜开关系列产品、电缆敷设机具和施工工具、连接金具、接地装置系列产品及自粘带、防水带、防火带、绝缘胶等绝缘材料。

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: 0731-85521148 85512244(传真)
技术支持热线/传真: 0731-85524726 88919461(传真)
电子邮箱: csdlfjwd@163.com 网址: <http://www.csdlfj.com>