

国家电网有限公司主管
国网能源研究院有限公司
中国电机工程学会 主办
全球能源互联网研究院有限公司

中文核心期刊 中国科技核心期刊
中国科学引文数据库(CSCD)核心期刊

ISSN 1004-9649
CN11-3265/TM

中国电力

ELECTRIC POWER



1
2021

ISSN 1004-9649



第54卷 第1期 2021年1月 中国·北京 Vol.54 No.1 Jan. 2021 Beijing, China

万方数据



中国电力

ZHONGGUO DIANLI
第 54 卷第 1 期 2021 年 1 月

目次

《中国电力》编辑委员会

名誉主任委员 舒印彪

主任委员 张运洲

副主任委员

陈维江 陈小良 蒋敏华 王成山
叶泽 康重庆 朱法华

顾问委员(按姓氏笔画排序)

王志轩 卢强 史玉波 刘吉臻
杜祥琬 周孝信 黄其励 韩祯祥
潘自强 薛禹胜

委员(按姓氏笔画排序)

丁明 王继业 王锡凡 王耀华
文福拴 甘德强 司马文霞 刘建明
汤广福 孙献斌 李若梅 李明节
李庚银 邱忠涛 何金良 余军
余贻鑫 辛耀中 汪小刚 沈沉
宋永华 张伯明 张保会 陈新
岳光溪 庞辉 胡兆光 姚良忠
姚强 徐政 郭经红 郭剑波
曹一家 程时杰 程浩忠 翟永平
穆钢

国际顾问(以姓名英文字母为序)

Kevin DU (Canada) Laili LAI (UK)
Wei-jen LEE (USA) Hao LIU (Canada)
Kwok Lun LO (UK) Jianhui WANG (USA)
Xiaofeng ZHANG (USA) Henry ZHAO (USA)
Suyan ZHOU (France)

主 编 汤广福 王耀华

副 主 编 康重庆 朱法华 方 彤 李 琼

本期执行主编 李 博

责任编辑 许晓艳 张 燕 张子龙 张重实
蒋东方 吴恒天 杨 彪

发行广告 孙 洁 王瑞民

国家“十三五”智能电网重大专项专栏：（四）柔性直流电网技术、装备与工程

特约主编寄语..... 汤广福,庞辉 (1)
基于强迫过零技术的自换向高压直流断路器

..... 李国庆,尉鹏程,刘禹彤,边竞 (2)

高压大容量柔性直流电网换流站阀厅空气净距计算及紧凑化布局设计

..... 傅守强,张立斌,李红建,陈翔宇,高杨,陈蕾 (10)

IGCT-MMC 中二极管反向恢复特性分析与测试

..... 姜彦涛,孙小平,刘琦,周文鹏,赵彪,余占清,曾嵘 (19)

大容量可控关断的直流输电用电流源型换流器研究综述

..... 陈龙龙,徐飞,魏晓光,汤广福,崔翔,高冲,陈蹇 (25)

一种基于三端直流输电系统的架空线路谐波电流计算方法

..... 崔嘉滢,刘天琪,王顺亮,马俊鹏,常鹏飞 (37)

计及潮流转移特性的直流潮流控制器优化配置

..... 陈若尘,张英敏,刘麒麟,刘天琪 (47)

直流断路器用 IGBT 正向恢复特性实验建模

..... 沈弘,仝翠芝,东野忠昊,齐磊,王谦 (54)

柔性直流输电阀基控制设备硬件在环测试方法

..... 路建良,贺之渊,唐茹彬,党青,谢敏华,季柯,寇龙泽 (62)

柔性直流换流阀 IGBT 过流失效研究

..... 冯静波,吕铮,邓卫华,胡榕,王新颖 (70)

苏州中压直流配电工程设计方案及仿真验证

..... 苏麟,朱鹏飞,闫安心,马亚林,何梦雪,梅军,王冰冰,范光耀 (78)

电网

快充电站多类型应用方式的并网影响及控制技术综述

..... 全慧,李相俊,张杨,贾学翠,惠东,管敏渊 (89)

基于模糊层次分析法的电动汽车充电桩信息安全风险评估方法

..... 王伟贤,孙舟,潘鸣宇,张宝群,李中伟,叶麟 (96)

“国家期刊奖”获奖期刊
中文核心期刊
中国期刊方阵期刊
中国科学引文数据库(CSCD)核心期刊
中国科技核心期刊
RCCSE 中国核心学术期刊(A)
英国《科学文摘》(SA,INSPEC)收录期刊
俄罗斯《文摘杂志》(AJ of VINITI)收录期刊
美国《剑桥科学文摘》(CSA)收录期刊
中国科技论文统计源期刊
中国科技文献数据库收录期刊
中文科技期刊数据库收录期刊
中国期刊网收录期刊
中国电力报刊协会优秀期刊

高渗透率下风电的调频技术研究综述	(104)
光储系统参与电网调频及调峰的综合控制策略	(116)
视频图像智能识别技术在输变电系统中的应用研究综述	(124)
基于 Mask R-CNN 的复合绝缘子过热缺陷检测	(135)
耐张串对 UHV 导线弧垂影响的现场实测和理论分析	(142)
变电站接地网上两点间电位差的特性	(150)
满足大型城市电网供电需求的在线预防控制方法	(159)

信息与通信

电能计量用通信规约安全改造技术	(167)
电力通信网络中的量子保密通信示范应用与测评	(175)

节能与环保

多种负荷工况下湿式电除尘器的 PM _{2.5} 脱除效率及排放特征	(182)
脱硫废水旋转喷雾蒸发特性实验研究	(188)
燃煤电厂 SCR 脱硝氨逃逸迁移规律试验研究	(196)

中国电力

(月刊,1956 年创刊)
第 54 卷第 1 期(总第 626 期)
2021 年 1 月 5 日出版

主管单位: 国家电网有限公司
主办单位: 国网能源研究院有限公司
中国电机工程学会
全球能源互联网研究院有限公司

编辑出版:《中国电力》编辑部
地 址: 北京市昌平区北七家镇未来科学城滨河大道 18 号“国家电网公司”园区 B315
邮政编码: 102209
电 话: 010-66603808 (编辑部)
010-66603801 (广告、发行)
传 真: 010-66603578
网上投稿: www.chinapower.org
印 刷: 北京科信印刷有限公司
总 发 行: 北京市报刊发行局
订 购: 全国各邮局
国内邮发代号: 2-427
国内定价: 50.00 元/期
600.00 元/年
国外发行代号: M-276
国外总发行: 中国国际图书贸易总公司
(北京 399 信箱)
中国标准连续出版物号: ISSN 1004-9649
CN 11-3265/TM
广告登记号: 京昌市监广登字20190011

声明

本刊已与相关数据库合作, 许可在其数据库产品中以数字化方式复制、汇编、发行、信息网络传播本刊全文, 该数据库著作权使用费与本刊稿酬一并支付。作者向本刊提交文章发表的行为即视为同意本刊上述声明。

ELECTRIC POWER

Vol.54 No.1 January 2021

MAIN CONTENTS

Special Columns on Smart Grid Key Projects of the 13th Five-Year Plan: (4) Technology, Equipment and Engineering of Flexible DC Power Grid

- A Self-commutated HVDC Circuit Breaker Based on Forced Zero Crossing Technology
..... LI Guoqing, WEI Pengcheng, LIU Yutong, BIAN Jing (77)
- Air Clearance Calculation and Compacting Layout Design of Valve Hall in Converter Station of VSC-HVDC Grid with High Voltage and Large Capacity
..... FU Shouqiang, ZHANG Libin, LI Hongjian, CHEN Xiangyu, GAO Yang, CHEN Lei (18)
- Analysis and Test of Reverse Recovery Performance of Fast Recovery Diode in IGCT-MMC
..... LOU Yantao, SUN Xiaoping, LIU Qi, ZHOU Wenpeng, ZHAO Biao, YU Zhanqing, ZENG Rong (24)
- A Review on Large Capacity Controllable Switching Current Source Converter Research
..... CHEN Longlong, XU Fei, WEI Xiaoguang, TANG Guangfu, CUI Xiang, GAO Chong, CHEN Qian (36)
- A Calculation Method for Line Harmonic Current Based on Three-Terminal HVDC Transmission System
..... CUI Jiaying, LIU Tianqi, WANG Shunliang, MA Junpeng, CHANG Pengfei (46)
- Optimal Configuration Method for DC Power Flow Controller Considering Power Flow Transfer Characteristics
..... CHEN Ruochen, ZHANG Yingmin, LIU Qilin, LIU Tianqi (149)
- Experimental Modeling of Forward Recovery Characteristics of IGBT for DC Circuit Breaker
..... SHEN Hong, TONG Cuizhi, DONGYE Zhonghao, QI Lei, WANG Qian (61)
- Hardware-in-the-Loop Test Method for Valve Base Controller of VSC-HVDC
..... LU Jianliang, HE Zhiyuan, TANG Rubin, DANG Qing, XIE Minhua, JI Ke, KOU Longze (69)
- Study on the IGBT Overcurrent Failure of VSC-HVDC Converter Valve
..... FENG Jingbo, LV Zheng, DENG Weihua, HU Rong, WANG Xinying (77)
- Design Scheme and Simulation Verification of Suzhou Medium Voltage DC Distribution Project
..... SU Lin, ZHU Pengfei, YAN Anxin, MA Yalin, HE Mengxue, MEI Jun, WANG Bingbing, FAN Guangyao (88)

Power System

- A Review of Grid-Connection Impact and Control Technology of FCS Multi-type Application Modes
..... QUAN Hui, LI Xiangjun, ZHANG Yang, JIA Xuecui, HUI Dong, GUAN Minyuan (103)
- Information Security Risk Assessment Method for Electric Vehicle Charging Piles Based on Fuzzy Analytic Hierarchy Process
..... WANG Weixian, SUN Zhou, PAN Mingyu, ZHANG Baoqun, LI Zhongwei, YE Lin (103)
- Review on Frequency Regulation Technology with High Wind Power Penetration
..... FU Hongjun, CHEN Huifen, ZHAO Hua, WANG Kaifeng, LU Zongxiang, QIAO Ying (115)
- An Integrated Control Strategy for Photovoltaic-Energy Storage System Participating in Frequency Regulation and Peak Shaving of Power Grid
..... DING Ming, SHI Jianxiong, HAN Pingping, LIN Zihao, ZHANG Yu (174)
- Review of Application Research of Video Image Intelligent Recognition Technology in Power Transmission and Distribution Systems
..... ZHOU Junhuang, HUANG Tingcheng, XIE Xiaoyu, FAN Wenjun, YI Tingting, ZHANG Yongjun (166)
- Overheating Defect Detection of Composite Insulator Based on Mask R-CNN
..... GAO Yi, TIAN Lianfang, DU Qiliang (141)
- Full-Scale Testing and Theoretical Analysis of Influence of Tension Insulator Strings on the Sag of UHV Conductors
..... SONG Gang, SHEN Guohui, BAO Yunan, TENG Fei (149)
- The Potential Difference Characteristics between Two Points on Grounding Grid of Substation
..... WANG Yonghong, JIAO Chongqing, XIAO Bing, GUO Anqi, QIU Guizhong, BI Lipeng, XU Keqiang (158)
- An On-Line Preventive Control Method for Meeting the Power Supply Demand of Large-Scale Urban Power Grid
..... WU Feng, BAO Yanhong, ZHOU Hua, XU Taishan, LOU Boliang, REN Xiancheng, WANG Longfei (166)

Information and Communication

- Security Transformation Technology for Electricity Metering Communication Protocol
..... REN Hui, LI Huifeng, ZHAO Hui, HE Feng, DOU Renhui, YAO Zhiqiang, ZHAO Guoqing (174)
- Application and Evaluation of Quantum Secure Communication in Electric Power Communication Networks
..... XIAO Lei, LI Bozhong, ZHANG Suxiang, LAI Junsen, LIU Lu, TIAN Zhaoyu (202)

Energy Conservation and Environmental Protection

- Experimental Study on Fine Particulate Matter Removal Efficiency and the Emission Characteristics of WESP under Different Loads
..... LIU Xipu, LI Dongyang, ZHANG Chao (187)
- Experimental Study on the Characteristics of Rotating Spray Evaporation of Desulfurization Wastewater
..... LI Fei, CHEN Haijie, LIU Fengjun, GU Xiaobing, CHE Guangmin, BAI Yuyong, YANG Linjun (195)
- Test Study on the Migration Characteristics of Slip Ammonia from the SCR System in the Coal-Fired Power Plant
..... ZHAO Hong, ZHANG Fajie, MA Yunlong, MA Baolin, TANG Xiao, XU Renbo, LUO Tongda, LI Chengbao, REN Chuanming, YU Jie, SUN Lushi (202)

ELECTRIC POWER (Monthly) Vol.54 No.1 (Ser.626) January 2021

Competent Authorities: State Grid Corporation of China

Sponsors: State Grid Energy Research Institute Co., Ltd.

Chinese Society for Electrical Engineering

Global Energy Interconnection Research Institute Co., Ltd.

Editor and Publisher: Editorial Department of Journal

Editor-in-Chief: TANG Guangfu, WANG Yaohua

Publication Number: ISSN 1004-9649

General Distribution: Beijing Office of Postal Service

Distributed Abroad: China International Book Trading Corporation,

P.O. Box 399 Beijing, China

Add: Tower B, SGCC, Future Science Park, Beijing 102209, China

Web Site: <http://www.chinapower.org>

Tel: +86-10-66603801

Fax: +86-10-66603578