

# 中国电力

12  
2017

ELECTRIC POWER

Afore 艾伏



突破界限 永无止境

7kW&8kW  
光伏单相并网逆变器



艾伏新能源科技(上海)股份有限公司  
Afore New Energy Technology (Shanghai) Co., Ltd.

电话: +86-021-5432 6236  
传真: +86-021-5432 6136  
网站: cn.aforeenergy.com  
地址: 上海市闵行区三鲁公路2755号(近8号线联航路地铁站)

ISSN 1004-9649





# 中国电力

ZHONGGUO DIANLI

第 50 卷第 12 期(卷终) 2017 年 12 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

孙献斌 汤广福 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 岳光溪

胡兆光 姚强 姚良忠 徐政

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 王耀华

副主编 李琼

本期执行主编 李秀平

责任编辑 杨静 张重实 李博 韩峰

张燕 张子龙 辛培裕 杨娜

刘明

发行广告 杨娜 孙洁 李蔚君

### 电力经济专栏

经济转型时期电力弹性系数应用 ..... 单葆国,李江涛,谭显东,单保平 (1)

经济新常态下中国全社会用电量与 GDP 增速差距研究

..... 谭显东,单葆国,吴姗姗,单保平 (5)

经济新常态下江苏省电力需求分析研究 ..... 史静,周琪,谈健,朱磊 (10)

河南省电力经济关系演进态势研究

..... 白宏坤,刘军会,尹硕,王江波,邓方钊,杨萌,赵文杰 (16)

辽宁省经济指标与电力需求相关性分析 ..... 邓鑫阳,蒋蕾,李雍睿,于海洋 (22)

经济新常态下宁夏电力需求分析与展望 ..... 田星,余董,董晓晶,齐彩娟 (27)

### 大型调相机专栏

上电调相机内部故障分析及主保护配置方案优化设计

..... 桂林,赵斌超,王光,王祥珩,王维俭 (33)

大型调相机惰速同期并网可靠性研究 ..... 曾先锋,侯炜,陈俊 (38)

大型同步调相机控制策略研究

..... 石祥建,牟伟,韩焦,方冰,高森,吴龙,刘为群 (44)

特高压直流工程大型调相机启动调试及关键技术

..... 陶骞,王庆,阮羚,蔡万里,崔一铂,凌在汛 (51)

新型大容量调相机性能特点及工程应用

..... 阮羚,王庆,凌在汛,杨鹏程,崔一铂,蔡万里,陶骞 (57)

### 发电

再热凝汽式汽轮机阀门流量特性在线监测优化

..... 盛镨,周年光,宋军英,雷滨,彭双剑,寻新 (62)

机组一次调频特性在线监测方法

..... 谈博,陈志刚,顾涛,赵志丹,俞静,曹琛 (68)

300 MW 低热值煤超低排放循环流化床发电的设计与运行

..... 佟博恒,柳成亮,苏虎,刘青,杨海瑞,蒋文斌 (75)

汽轮机组变压运行热经济特性研究 ..... 万忠海,晏涛,鲁锦,蔡文,陈文 (81)

基于动态数据挖掘的汽轮机调节阀流量特性在线计算

..... 文乐,杨新民,薛志恒,高林,赵金旭 (87)

炼化企业热电厂热负荷优化分配研究及应用

..... 吴涛,胡洪华,黄廷辉,何新,王建平,陈泾,马玉峰,王斌 (93)



“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

电站锅炉水汽质量检测结果的影响因素 ..... 赵青,陈彩霞,王一宁 (98)

火力发电厂现场总线技术调试难点分析与研究  
..... 崔超超,张莹,沈东生,崔逸群 (101)

### 电网

新型 PSS-NB 模型参数整定与工程化应用  
..... 吴跨宇,沈轶君,韩兵,卢岑岑,吴龙,陆海清 (106)

1 000 kV 变压器 / 高抗主要原材料组部件质量管控  
..... 郭锐,王晓宁,张贺军,程涣超,张书琦,李金忠,刘雪丽,汤浩,仇宇舟,吴超,遇心如 (112)

电网变压器铁心磁致伸缩与油箱外特性关联分析  
..... 聂京凯,卢林,李睿,金文德,孔晓峰,潘巍巍,赵深 (118)

30 mA 泄漏电流对输电线路大气腐蚀行为的影响  
..... 骆国铭,毛晓坡,张予,陆锦培,周俊宇,曹祥薇,宗云 (125)

换流站联络变充电励磁涌流对哈郑特高压直流运行影响分析  
- - - 郑彬,杨鹏,滕文涛,班连庚,项祖涛,吴娅妮,张媛媛,骆立实,潘一飞 (130)

人工智能技术在智能电网中的应用分析和展望 ..... 李博,高志远 (136)

多旋翼无人机巡查系统在特高压基建工程中的应用  
..... 林宇龙,李冰,王德宇,高炬,陈永亭 (141)

六氟化硫生物毒性智能化检测系统的研究  
..... 王海飞,袁小芳,祁炯,赵跃,苏镇西 (148)

### 新能源

风电机组齿轮箱非平稳振动信号谱分析方法 ..... 丁显,柳亦兵,滕伟 (153)

基于灰色关联理论与经验模态分解的光伏出力超短期预测  
..... 索春梅,孙健,张宗峰,王贤宗 (159)

基于逆变型 DG 控制特性的微电网故障特征分析  
..... 季亮,张海涛,任建铭,杨兴武,陶晓杰 (165)

### 节能与环保

管束式除尘除雾器在脱硫串塔系统中的应用及性能评价  
..... 尤良洲,杜振,江建平,朱跃 (173)

燃煤电厂 WESP 颗粒物脱除机制及排放特征研究  
..... 刘含笑,姚宇平,郝建国,陈招妹,方小伟 (178)

## 中国电力

(月刊,1956年创刊)

第50卷第12期(总第589期)

2017年12月5日出版

主管单位:国家电网公司

主办单位:国网能源研究院

中国电机工程学会

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)

010-66603803(广告)

010-66603802(发行)

传真:010-66603578

电子信箱:ZGDL@sgeri.sgcc.com.cn

网址:www.chinapower.org

印刷:北京科信印刷有限公司

总发行:北京报刊发行局

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

广告经营许可证号:京宣工商广字第8004号

### 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.50 No.12 Dec. 2017

## MAIN CONTENTS

### Electricity and Economy

- The Application of Electricity Elasticity Coefficient During Economic Transition Period  
..... SHAN Baoguo, LI Jiangtao, TAN Xiandong, SHAN Baoping (4)
- Study on the Difference Between China's Total Electricity Consumption and Economic Growth Under the New Normal  
..... TAN Xiandong, SHAN Baoguo, WU Shanshan, SHAN Baoping (9)
- Analysis on the Electric Power Demand of Jiangsu Province Under China's New Normal  
..... SHI Jing, ZHOU Qi, TAN Jian, ZHU Lei (15)
- Research on the Evolution Trend of Electricity and Economy Relations in Henan Province  
..... BAI Hongkun, LIU Junhui, YIN Shuo, WANG Jiangbo, DENG Fangzhao, YANG Meng, ZHAO Wenjie (21)
- Correlation Analysis on Economic Indicators and Electric Power Demand of Liaoning Province  
..... DENG Xinyang, JIANG Lei, LI Yongrui, YU Haiyang (26)
- Analysis and Prospect of Electricity Demand in Ningxia under China's New Normal  
..... TIAN Xing, YU Lei, DONG Xiaojing, QI Caijuan (32)

### 300 Mvar Large Synchronous Condenser

- Internal Fault Analysis and Optimization Design of Main Protection Scheme for Shanghai Electric Phase Modifier  
..... GUI Lin, ZHAO Binchao, WANG Guang, WANG Xiangheng, WANG Weijian (43)
- Reliability Research on Idle Speed Synchronization of Large Condenser  
..... ZENG Xianfeng, HOU Wei, CHEN Jun (43)
- Research on Control Strategy of Large Synchronous Condensers  
..... SHI Xiangjian, MU Wei, HAN Jiao, FANG Bing, GAO Sen, WU Long, LIU Weiqun (50)
- Contents and Key Technical Problems in Start-Up and Commissioning of Large-Scale Synchronous Condenser in UHVDC Project  
..... TAO Qian, WANG Qing, RUAN Ling, CAI Wanli, CUI Yibo, LING Zaixun (56)
- Study on the Performance Feature and Key Engineering Application of New Large Capacity Condenser  
..... RUAN Ling, WANG Qing, LING Zaixun, YANG Pengcheng, CUI Yibo, CAI Wanli, TAO Qian (61)

### Generation Technology

- Online Monitoring and Optimization of Valve Discharge Characteristics for a Reheat Turbine  
..... SHENG Kai, ZHOU Nanguang, SONG Junying, LEI Bin, PENG Shuangjian, XUN Xin (105)
- A Method of Online Monitoring on Characteristics of Primary Frequency Regulation in Thermal Power Units  
..... TAN Bo, CHEN Zhigang, GU Tao, ZHAO Zhidan, YU Jing, CAO Chen (74)
- Design and Operation of a 300 MW Ultra-Low Emission CFB Boiler Burning Low Calorific Coal  
..... TONG Boheng, LIU Chengliang, SU Hu, LIU Qing, YANG Hairui, JIANG Wenbin (80)
- Experimental Study on and Application of Steam Turbine's Variable Pressure Thermal Economic Characteristics  
..... WAN Zhonghai, YAN Tao, LU Jin, CAI Wen, CHEN Wen (86)
- Online Calculation of Steam Turbine Valve Discharge Characteristics by Dynamic Data Mining Approaches  
..... WEN Le, YANG Xinmin, XUE Zhiheng, GAO Lin, ZHAO Jinxu (92)
- Research on and Application of Optimal Distribution of Thermal Power Load in the Captive Thermal Power Plant of the Petrochemical Enterprise  
..... WU Tao, HU Honghua, HUANG Tinghui, HE Xin, WANG Jianping, CHEN Jing, MA Yufeng, WANG Bin (97)
- Factors Affecting Power Plant Boiler Water Quality Test Results  
..... ZHAO Qing, CHEN Caixia, WANG Yining (147)
- Analysis and Study on the Difficulties in Fieldbus Commissioning in a Thermal Power Plant  
..... CUI Chaochao, ZHANG Ying, SHEN Dongsheng, CUI Yiqun (105)

### Power System

- Parameter Tuning of New PSS-NB Model and Its Engineering Application  
..... WU Kuayu, SHEN Yijun, HAN Bing, LU Cencen, WU Long, LU Haiqing (158)
- Quality Control of Materials and Components for 1 000 kV Transformer and Reactor  
..... GUO Rui, WANG Xiaoning, ZHANG Hejun, CHENG Huanchao, ZHANG Shuqi, LI Jinzhong, LIU Xueli, TANG Hao, QIU Yuzhou, WU Chao, YU Xinru (177)
- Analysis on the Relevance of Core Magnetostriction and Oil Tank External Characteristics of Power Transformers  
..... NIE Jingkai, LU Lin, LI Rui, JIN Wende, KONG Xiaofeng, PAN Weiwei, ZHAO Shen (124)
- Research on the Impact of 30 mA Leakage Current on the Atmospheric Corrosion of Transmission Lines  
..... LUO Guoming, MAO Xiaopo, ZHANG Yu, LU Jinpei, ZHOU Junyu, CAO Xiangwei, ZONG Yun (129)
- Study on Influence of Coupling Transformer Charging Inrush Current to Hami-Zhengzhou UHV DC Project  
..... ZHENG Bin, YANG Peng, TENG Wentao, BAN Liangeng, XIANG Zutao, WU Yani, ZHANG Yuanyuan, LUO Lishi, PAN Yifei (135)
- Analysis and Prospect on the Application of Artificial Intelligence Technologies in Smart Grid  
..... LI Bo, GAO Zhiyuan (140)
- Application of Multi-Rotor UAV Patrol System in UHV Power Grid Construction  
..... LIN Yulong, LI Bing, WANG Deyu, GAO Ju, CHEN Yongting (147)
- Research on Intelligent Detection System of SF<sub>6</sub> Biototoxicity  
..... WANG Haifei, YUAN Xiaofang, QI Jiong, ZHAO Yue, SU Zhenxi (152)

### New Energy

- Spectrum Analysis of Nonstationary Vibration Signal for Wind Turbine Gear Box  
..... DING Xian, LIU Yibing, TENG Wei (158)
- The Ultra-Short-Term Forecast of Photovoltaic Power Output Based on Grey Relational Analysis and Empirical Mode Decomposition  
..... SUO Chunmei, SUN Jian, ZHANG Zongfeng, WANG Xianzong (172)
- New Microgrid Fault Analysis Method Based on Inverter-Type DG Characteristic  
..... JI Liang, ZHANG Haitao, REN Jianming, YANG Xingwu, TAO Xiaojie (172)

### Energy Conservation and Environmental Protection

- The Application and Performance Evaluation of Bundle Precipitator in Series Absorpti Tower of Desulfurization System  
..... YOU Liangzhou, DU Zhen, JIANG Jianping, ZHU Yue (177)
- Research of PM Removal Mechanism and Emission Characteristics for WESP in a Coal-Fired Power Plant  
..... LIU Hanxiao, YAO Yuping, LI Jianguo, CHEN Zhaomei, FANG Xiaowei (184)

ELECTRIC POWER (Monthly) Vol.50 No.12 (Ser. 589) Dec. 2017

Competent Authorities: State Grid Corporation of China

Sponsors: State Grid Energy Research Institute

Chinese Society for Electrical Engineering

Editor and Publisher: Editorial Department of Journal

Editor-in-Chief: WANG Yaohua

Publication Number: ISSN 1004-9649

General Distribution: Beijing Office of Postal Service  
万方数据

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>

E-mail: [ZGDL@sgeri.sgcc.com.cn](mailto:ZGDL@sgeri.sgcc.com.cn)

Tel: +86-10-66603802, 66603803

Fax: +86-10-66603578





## 基于网络式保护的 配电网自愈控制技术 (国家863课题)

### 网络式保护技术简介

网络式保护利用高速对等式通信网络，共享相邻开关状态信息，通过可靠有效的算法处理，进行线路故障的快速定位、隔离及非故障线路的转供电操作。解决了大规模网络、复杂组网方式、运行模式变化及分布式电源接入等对保护的影响问题，实现了保护的快速性和选择性的统一，保证了线路的可靠供电。

### 基于网络式保护的自愈控制终端功能特点

- 实现了故障就地快速切除、故障区段自动隔离、非故障区域的自动转供。
- 解决了配电系统多开关级联的保护配合难题。
- 适用于分布式电源接入智能配电网。
- 适用于全断路器组网、断路器和负荷开关混合组网模式。
- 适用于智能配电网开环、闭环供电模式。
- 故障处理不依赖于主站，不需要维护复杂拓扑结构，适用于改造、扩建网络。
- 针对配网通信通道易出故障、开关操动机构性能不可靠的情况设计了容错功能。
- 配合故障指示器，可实现故障点的精确定位。
- 与基于智能中电阻接地的信号源配合，可实现单相接地故障的选线、直接定位故障分支和故障点，不受系统运行方式、拓扑结构等影响；实现接地故障区段自动隔离和非故障区域的自动转供。
- 技术指标处于国际领先水平。（典型指标：故障切除时间0.1秒，故障区段隔离0.2秒，转供电2秒）

010-62981321  [www.creat-da.com.cn](http://www.creat-da.com.cn)

北京科锐配电自动化股份有限公司  
Creative Distribution Automation Co., Ltd.  
客户免费服务热线：800-810-8283

**CREAT**