

电力系统自动化

半月刊

AUTOMATION OF ELECTRIC POWER SYSTEMS SEMIMONTHLY

柔性直流输电专辑

荣信股份
RONGXIN POWER ELECTRONIC

开创智能/绿色/高效的电力世界

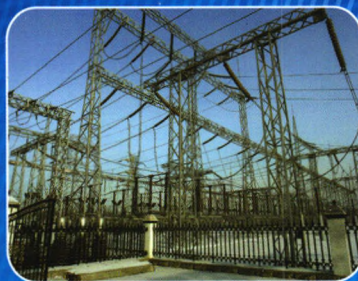
Create A Intelligent / Green / High-Efficiency Electrical World

在电力延伸到的每一个地方和每一个工业领域，荣信正为善加利用电能，努力创造更多价值



南方电网STATCOM

35kV / ± 200 MVA, 基于IEGT技术, 设计容量320MVA, 全球领先



国家电网SVC

直挂电压等级66kV, 国际领先



神华集团锦界电厂

次同步谐振动态稳定装置, 容量320MVar, 国际领先



中石油西气东输管线

25MVA特大功率变频系统, 填补国内空白



中海油文昌油田群

轻型直流输电装置技术, 国内领先



“人造太阳”——国际ITER工程

国际电压等级最高、容量最大的SVC (69kV/750Mvar)

荣信电力电子股份有限公司
Rongxin Power Electronic Co., Ltd

地址: 辽宁·鞍山市高新区科技路108号 邮编: 114051
电话: +86 412 7213888 传真: +86 412 7213777
E-mail: sales@rxpe.net

为您减少采购决策的风险和复杂性
欲了解更多资讯, 请访问 www.rxpe.com



9 771000 102131

万方数据



2013 15

国网电力科学研究院主办
第37卷 第15期 总第517期

电力系统自动化

DIANLI XITONG ZIDONGHUA

柔性直流输电专辑

第 37 卷 第 15 期(总第 517 期) 2013 年 8 月 10 日出版

1977 年创刊

《电力系统自动化》 编辑委员会

名誉主任委员 陆延昌
主任委员 肖世杰
副主任委员 张丽英 张启平
葛正翔 吴玉生
张晓鲁 王益民
辛耀中 杨迎建
薛禹胜

委员 (以姓氏笔画为序)
丁 明 马伟明 文福拴 方勇杰
王成山 王锡凡 韦 化 卢 放
卢 强 石俊杰 关守仲 刘玉田
刘俊勇 朱晓东 汤广福 宋永华
余贻鑫 吴根范 张伯明 李文毅
李向荣 李若梅 李继红 杨奇逊
汪建平 沈国荣 邹 云 陈 陈
陈 梅 周孝信 郑玉平 郑健超
姚良忠 姚建国 施 冲 段献忠
胡敏强 饶 宏 唐斯庆 席 平
郭经红 高宗和 曹一家 曹惠彬
梁志成 黄其励 程时杰 董新洲
韩英铎 韩祯祥 鲁庭瑞 穆 钢
鞠 平

国际顾问 (以姓名英文字母为序)
San Shing CHOI (Singapore)
Zhaoyang DONG (Australia)
David J. HILL (Australia)
Prabha KUNDUR (Canada)
Wenyuan LI (Canada)
Bruno MEYER (France)
H.F. WANG (UK)
Kit Po WONG (Australia)
Felix F. WU (USA)
Q.H. WU (UK)

目 次

特约主编寄语 汤广福(1)

综述

柔性直流输电工程技术研究、应用及发展
..... 汤广福, 贺之渊, 庞 辉(3)

柔性直流输电接入系统分析

百万千瓦级柔性直流接入大连电网后的系统特性分析
..... 郑 超, 滕 松, 宋新立, 卜广全, 宋云亭, 李志国(15)

DFIG 风电场经模块化多电平柔性直流并网控制策略
..... 李文津, 汤广福, 贺之渊(20)

含多端柔性直流输电系统的交直流电网动态特性分析
..... 顾益磊, 唐 庚, 黄晓明, 陆 翌, 裘 鹏, 华 文(27)

柔性直流输电系统控制策略

模块化多电平换流器桥臂电流直接控制方案 王广柱(35)

基于 PCHD 模型的柔性直流输电鲁棒控制
..... 范心明, 管 霖, 夏成军, 饶 宏, 许树楷, 李立涅(40)

MMC-HVDC 三相解耦二次谐波环流抑制算法
..... 王鹏伍, 崔 翔(47)

基于 MMC 的柔性直流输电阀基控制器及其动模试验
..... 高 阳, 刘 栋, 杨兵建, 杨岳峰(53)

柔性直流输电系统控制保护方案
..... 梁少华, 田 杰, 曹冬明, 董云龙, 张建锋(59)

柔性直流输电系统故障保护策略

模块化多电平换流器子模块故障冗余容错控制策略

…… 胡鹏飞,江道灼,周月宾,林志勇,梁一桥,郭捷(66)

模块化多电平柔性直流输电系统网侧故障控制策略及验证

…… 胡兆庆,田杰,董云龙,汪楠楠,李海英(71)

基于并联电容参数识别的 VSC-HVDC 输电线路纵联保护

…… 宋国兵,靳幸福,冉孟兵,高淑萍,索南加乐(76)

利用行波电压分布特征的柔性直流输电线路单端故障定位

…… 宋国兵,李德坤,靳东晖,冉孟兵,靳幸福,郭润生(83)

柔性直流输电核心设备的关键技术研究

模块化多电平换流器桥臂电抗器参数设计方法

…… 赵成勇,胡静,翟晓萌,谢敏华,高阳(89)

柔性直流输电网用新型高压直流断路器设计方案

…… 魏晓光,高冲,罗湘,周万迪,吴亚楠(95)

多端 MMC 直流输电系统的优化设计方案及比较

…… 饶宏,宋强,刘文华,罗雨,许树楷,黎小林(103)

基于分段解析公式的 MMC-HVDC 阀损耗计算方法

…… 张哲任,徐政,薛英林(109)

柔性直流电缆绝缘料及电缆结构设计

…… 杨黎明,朱智恩,杨荣凯,杨迎建,王宇(117)

多端柔性直流和混合直流输电系统

适用于多端柔性直流输电系统的新型直流电压控制策略

…… 唐庚,徐政,刘昇,顾益磊,陆昇,裘鹏(125)

基于改进定有功功率控制特性的 VSC-MTDC 系统仿真

…… 任敬国,李可军,刘合金,孙莹,赵建国(133)

基于 MMC 的多端直流输电系统直流侧故障控制保护策略

…… 仇雪娜,赵成勇,庞辉,林畅(140)

一种适用于风电场送出的混合型高压直流输电系统拓扑

…… 赵成勇,刘文静,郭春义,刘济豪(146)

行业信息

中国成全球第二大可再生能源发电国 …… (52)

广告索引 …… (152)

★ 蝉联每届“国家期刊奖”

★ 美国工程索引(EI)核心期刊

★ 新中国 60 年有影响力的期刊

★ 国家自然科学基金重点学术期刊

★ 中国精品科技期刊

★ 百种中国杰出学术期刊

★ 中国国际影响力优秀学术期刊

★ RCCSE 中国权威学术期刊

★ “中国期刊方阵”双高期刊

★ 首届江苏省新闻出版政府奖报刊奖

★ 江苏省十佳科技期刊

★ 中文核心期刊和中国科技核心期刊

《电力系统自动化》

(半月刊)

主管单位 国家电网公司

主办单位 国网电力科学研究院

编辑出版 国网电力科学研究院期刊中心

主 编 薛禹胜

副 主 编 王 青

专辑特约主编 汤广福

专辑策划 丁 琰

本期责编 丁 琰 杨松迎

地 址 南京市南瑞路 8 号

邮政编码 210003

联系电话 (025)83409559,83092380(编辑)

(025)83423446,83092057(广告)

(025)83092051(发行)

传 真 (025)83421949

网 址 aeps.sgepri.sgcc.com.cn

电子信箱 aeps@alljournals.cn

(主题中须含“toaeps”)

发行范围 国内外公开发行

印 刷 江苏新华柏印务有限公司

国外发行 中国国际图书贸易总公司

国内发行 江苏省邮政局

订 阅 处 全国各地邮政局(所)

国内定价 每期 50 元,全年 1200 元

中国标准连续出版物号 ISSN 1000-1026
CN 32-1180/TP

国际刊名代码(CODEN) DXZIE9

AUTOMATION OF ELECTRIC POWER SYSTEMS

Semimonthly Journal of State Grid Corporation of China

Special Issue on VSC-HVDC Transmission

Vol.37 No.15 (Ser.517)

August 10, 2013

MAIN CONTENTS

Review

Research, Application and Development of VSC-HVDC Engineering Technology

..... TANG Guangfu, HE Zhiyuan, PANG Hui(14)

Analysis for Integration on Network of VSC-HVDC

Analysis on System Characteristics After Incorporation of ± 320 kV/1 000 MW VSC-HVDC into Dalian Power Grid

..... ZHENG Chao, TENG Song, SONG Xinli, BU Guangquan, SONG Yunting, LI Zhiguo(26)

Control Strategies of DFIG-based Wind Farm Grid Integration Using Modular Multilevel VSC-HVDC Technology

..... LI Wenjin, TANG Guangfu, HE Zhiyuan(26)

Dynamic Characteristic Analysis of Hybrid AC/DC Power Grid with Multi-terminal HVDC Based on Modular Multilevel

Converter GU Yilei, TANG Geng, HUANG Xiaoming, LU Yi, QIU Peng, HUA Wen(58)

Control Strategy of VSC-HVDC Transmission

An Arm Current Direct Control Scheme for Modular Multilevel Converters WANG Guangzhu(46)

PCHD Based Robust Control of VSC-HVDC Transmission Based on Port-controlled Hamiltonian with Dissipation

..... FAN Xinming, GUAN Lin, XIA Chengjun, RAO Hong, XU Shukai, LI Licheng(46)

Three Phases Decoupled Second Harmonic Circulation Current Suppression Algorithm for MMC-HVDC

..... WANG Pengwu, CUI Xiang(52)

MMC Based Valve Base Controllers of HVDC Flexible and Their Dynamic Simulation Experiment

..... GAO Yang, LIU Dong, YANG Bingjian, YANG Yuefeng(58)

A Control and Protection Scheme for VSC-HVDC System

..... LIANG Shaohua, TIAN Jie, CAO Dongming, DONG Yunlong, ZHANG Jianfeng(65)

Protection Strategy of VSC-HVDC Transmission

Redundancy Fault-tolerated Control Strategy for Sub-module Faults of Modular Multilevel Converters

..... HU Pengfei, JIANG Daozhuo, ZHOU Yuebin, LIN Zhiyong, LIANG Yiqiao, GUO Jie(70)

A Control Strategy for Modular Multilevel Converter Based HVDC Flexible Systems Under System Faults and Its Verification

..... HU Zhaoqing, TIAN Jie, DONG Yunlong, WANG Nannan, LI Haiying(108)

Pilot Protection for VSC-HVDC Transmission Lines Based on Shunt Capacitance Parameter Identification

..... SONG Guobing, JIN Xingfu, RAN Mengbing, GAO Shuping, SUONAN Jiale(102)

One-terminal Fault Location for HVDC Flexible Transmission Lines Based on Wave Voltage Distribution Features

..... SONG Guobing, LI Dekun, JIN Donghui, RAN Mengbing, JIN Xingfu, GUO Runsheng(88)

Competent Authorities State Grid Corporation of China
Sponsor State Grid Electric Power Research Institute
Editor and Publisher State Grid Electric Power Research
Institute Press
Chairman XIAO Shijie
Editor in Chief XUE Yusheng (Academician)
Associate Editor in Chief WANG Qing
Publication Number ISSN 1000-1026
CODEN DXZIE9

Add P.O.Box 323, Nanjing, 210003, China
Web Site <http://aeps.sgepri.sgcc.com.cn>
E-mail aeps@alljournals.cn
Tel 86-25-83092055, 83092051
Fax 86-25-83421949
Distributed Abroad by China International Book Trading
Corporation (GUOJISHUDIAN) P.O.Box 399, Beijing,
China
©2013 State Grid Electric Power Research Institute Press

Key Technology Research for Equipment of VSC-HVDC Transmission

A Parameter Design Method of Bridge Arm Reactor in Modular Multilevel Converter

..... ZHAO Chengyong, HU Jing, ZHAI Xiaomeng, XIE Minhua, GAO Yang (94)

A Novel Design of High-voltage DC Circuit Breaker in HVDC Flexible Transmission Grid

..... WEI Xiaoguang, GAO Chong, LUO Xiang, ZHOU Wandu, WU Yanan (102)

Optimized Design Solutions for Multi-terminal VSC-HVDC System Using Modular Multilevel Converters and Their Comparison

..... RAO Hong, SONG Qiang, LIU Wenhua, LUO Yu, XU Shukai, LI Xiaolin (108)

Valve Loss Calculation of MMC-HVDC Based on Piecewise Analytical Formula

..... ZHANG Zheren, XU Zheng, XUE Yinglin (151)

Insulation Material and Structure Design of HVDC Flexible Cables

..... YANG Liming, ZHU Zhien, YANG Rongkai, YANG Yingjian, WANG Yu (124)

Multi-terminal VSC-HVDC and Hybrid HVDC Transmission

A Novel DC Voltage Control Strategy for VSC-MTDC Systems

..... TANG Geng, XU Zheng, LIU Sheng, GU Yilei, LU Yi, QIU Peng (132)

Coordinated Control Strategy of VSC-MTDC System Based on Improved DC Voltage-Active Power Characteristic

..... REN Jingguo, LI Kejun, LIU Hejin, SUN Ying, ZHAO Jianguo (139)

A Control and Protection Scheme of Multi-terminal DC Transmission System Based on MMC for DC Line Fault

..... ZHANG Xuena, ZHAO Chengyong, PANG Hui, LIN Chang (145)

Topology of a Hybrid HVDC Transmission System for Wind Power Grid Connection

..... ZHAO Chengyong, LIU Wenjing, GUO Chunyi, LIU Jihao (151)

协议转换器 | 光端机 | 交换机 | SDH/PDH | PCM | 光纤MODEM

专注通信接入网

www.wuhan100.com

☎ 800-880-0876

武汉百年基业通信科技有限公司

电话: 027-87873527 87560716 传真: 027-87560791