

# 微电网功率变换与运行控制专辑

## 特邀主编评述

李武华,何晋伟  
(浙江大学,天津大学)

随着微电网和分布式发电技术的快速发展,电力电子装置在现代电网中的渗透率日益增加,深刻影响了电网的形态演变,推动了微电网朝着更高灵活性、更好可控性及交直流混联的方向迅猛发展。然而,由于分布式发电的间歇性、电力电子装置的脆弱性和装置-电网交互的复杂性,微电网系统也面临着系列挑战性新问题。为集中展现微电网电力电子技术方面的最新研究成果和进展,《电源学报》特别组织了本期“微电网功率变换与运行控制”专辑。本专辑征文得到了国内各高校和工业界电力电子专家的热切关注和大力支持,收到约稿和投稿共计 17 篇,经过认真细致的评审,录用论文 13 篇。其中,微电网变换器建模与调制方面的论文 3 篇,微电网变换器稳定性分析与控制方面的论文 4 篇,变换器-微电网交互方面的论文 3 篇,微电网系统能量管理方面的论文 1 篇,柔性直流配电网方面的论文 2 篇。

在微电网变换器建模与调制方面,燕山大学孙孝峰教授等研究了微电网系统中 Tan-Sun 坐标变换体系,该坐标变换体系能把不含零序分量的三相不平衡交流量变换为 2 个正交等幅的交流量,并通过 Park 变换可将其变换为 2 个不含二次谐波分量的直流量。基于 Tan-Sun 坐标变换体系,在电网电压不平衡下的微电网系统中,可实现三相不平衡电流的直流解耦及三相 PWM 变换器数学模型解耦,提高控制的灵活性和电能质量。浙江大学吕征宇教授等针对高电压大容量微电网中的三电平直流变换器,提出了一种具有强均压能力的交错式脉宽调制方法,巧妙地实现了隔直电容电压与输入分压电容电压的解耦,只需调节驱动信号间的相位差

便可以实现电压平衡,方案简单有效。浙江大学耿毓廷等针对大功率风力发电变换器中开关损耗和电流 THD 难以有效均衡的矛盾,提出了一种适用于永磁同步机直驱风电变换器的工况适应型断续脉宽调制策略。该调制策略能动态适应变换器的运行工况,在重载时减小了开关损耗,在轻载时降低了电流谐波。

在微电网变换器稳定性分析与控制方面,湖南大学罗安院士等提出了一种快速响应的多电平双向电源及高精度电压控制方法,通过负载电流的中高频分量前馈,有效提高了系统的动态响应速度,增强了多电平电源的抗扰性能。电压环采用准比例谐振-重复控制的复合控制方式,实现了输出电压在基频和主要次谐波频率处的无静差控制,提高了多电平电源输出电压的控制精度。华南理工大学张波和丘东元教授等针对强非线性的 Buck-Boost 变换器在参数扰动时易产生分叉、混沌等非预期现象,基于参数扰动的混沌控制原理,设计了一种适用于峰值电流控制型 Buck-Boost 变换器的混沌控制方法。该方法可使进入混沌状态的变换器重新回到周期态,并改善了变换器的稳态性能、输出纹波等性能。南京航空航天大学陈新教授等为了实现微电网逆变器在并网模式和孤岛模式下的平滑切换,提出了针对控制环路切换和相位锁定的优化方法,并引入快速响应速度的  $T/6$  重复控制方法,抑制了谐波电流。南京航空航天大学陈新教授等还针对微电网逆变器在离网模式下的不平衡负载运行问题,分析了传统比例积分控制的不足,采用正负序分离独立控制和比例积分准谐振控制,实现了微网变换器的性能优化。

在变换器-微电网交互方面,合肥工业大学张兴教授等为保证微电网不平衡及背景谐波下的电网阻抗信息准确快速获取难题,提出了一种基于多模块复数滤波器 MCCF(multiple complex coefficient filters)和非特征次谐波注入的电网阻抗检测方法。该方法采用 MCCF 实现了对公共耦合点电压非特征次谐波分量和电流非特征次谐波分量的准确提取,从而方便地算出了电网阻抗的阻性分量和感性分量。浙江大学陈敏教授针对微网变换器惯性小导致突变时容易产生系统谐振问题,提出了根据逆变器输出情况对低通滤波器时间常数进行自适应的下垂控制方法,提高了负荷突变时的系统稳定性。此外,浙江大学陈敏教授还综合比较了双向变换器控制技术的优缺点,针对 Vehicle-to-Grid(V2G)中双向功率流需求,提出了改进型的单极性调制下电流过零点畸变抑制方法,提高了并网的电能质量。

在微电网系统的能量管理方面,湖南大学陈燕东教授等针对直流微网中分布式电源出力的随机波动性引发的直流母线电压波动及系统稳定运行问题,提出了一种光储直流微网能量协调控制方法,实现了因系统功率供需不平衡引起的母线电压波动的快速平抑。该方法优先利用新能源为负荷供电,通过设定并网变换器和储能模块的工作阈值以协调管理各模块间的能量流动,避免直流母线电压小范围波动引起电力电子器件频繁动作。

在柔性直流配电网方面,西安交通大学雷万钧教授等针对中压配电网中无功补偿电容导致的电网谐波电流放大问题,采用谐振模态分析法分析了中压配网的谐振现象,并基于注入式结构的有源谐波电阻,分析了电压控制电流源方式下有源谐波电阻的谐振阻尼作用。济南供电公司的苏欣等在多种子模块混联的模块化多电平换流器系统基础上,提出了一种新型子模块混联 MMC-HVDC 系统配置方法及其匹配的启动策略。子模块数目配置方法既能使换流器在具备直流故障穿越能力,又节约了经济成本及减小系统损耗;子模块内部参数配置方法则限制了穿越过程中全桥子模块电压变化量,保证了故障穿越能够正常进行。

本专辑论文基本反映了目前我国在微电网功率变换与运行控制方面的研究热点和挑战性问题,具有良好的学术研究和工业应用参考价值。期望本专辑的出版对于推动我国微电网领域的技术发展和产业化具有积极的作用。衷心感谢同行们在本专辑的征文、投稿和评审过程中的大力支持!感谢中国电源学会理事长、《电源学报》副主编、浙江大学徐德鸿教授对本专辑的指导和关心!

~~~~~  
特邀主编介绍:



**李武华:**博士,浙江大学电气工程学院教授、博士生导师。2002年获浙江大学电气工程学院学士学位,2008年获浙江大学电气工程学科博士学位,2010年至2011年受加拿大政府资助赴 Ryerson University 从事博士后研究。

主要研究方向为柔性直流输电技术,包括大容量功率器件的应用特性、高性能变流器的拓扑理论、直流输电的运行控制等。负责建立(完成)国际合作研究项目 10 余项。主持国家、省部级、企(事)业合作研发项目 30 余项。已发表 SCI/EI 论文 200 余篇,其中 IEEE 国际权威期刊论文 50 余篇。已获授权美国发明专利 2 项、中国发明专利 20 余项。获国家自然科学基金二等奖 1 项、省部级科技成果一等奖 3 项,中国电源学会科技进步一等奖 1 项。

国家“万人计划”青年拔尖人才入选者(2014年)、科技部“中青年科技创新领军人才计划”入选者(2013年)、国家自然科学基金委员会“优秀青年科学基金”获得者(2012年)。



**何晋伟:**博士,天津大学电气自动化与信息工程学院教授、博士生导师。2005年获东南大学学士学位,2008年获中国科学院电工研究所硕士学位,2013年博士毕业于加拿大阿尔伯塔大学。

主要研究方向:电能质量、分布式发电、微电网和智能配电网等方面的研究。发表学术论文 70 余篇,其中近年来在 IEEE 期刊上发表关于分布式电源、微电网理论和应用论文 20 余篇,被国内外同行引用 2000 余次。

2015 年入选青年千人计划项目。