

Design and Simulation of Grid-Connected Rectifier and Boost Control Circuit for Micro-Turbine

Jiangang Du¹, Li Liu², Ming Cheng³

¹State Grid Chengdu Electric Power Supply Company, Chengdu Sichuan

²State Grid Chengdu Longquanyi Power Supply Company, Chengdu Sichuan

³School of Electrical and Information Engineering, Southwest Petroleum University, Chengdu Sichuan

Email: 839691312@qq.com

Received: May 19th, 2017; accepted: Jun. 6th, 2017; published: Jun. 9th, 2017

Abstract

In this paper, the design and simulation of the micro-turbine grid-connected rectification and boost control circuit are carried out. Rectifier system selected voltage-type PWM rectifier (VSR), the proposed model includes input filter inductors (Reactor), rectifier bridge (Three-Level Bridge Rectifier), rectifier controller and DC filter capacitor (C1, C2). The chopping circuit of this research topic is the step-up Boost chopper circuit, the voltage regulator for the outer ring control, and current inner ring can be based on i_d^* , i_q^* value to control the current, in order to achieve the rapid adjustment of the AC side of the current role. Boost Controller module is mainly through the generation of appropriate control pulse signal, thus controlling the control switch Mosfet off, and ultimately achieving the purpose of adjusting the output voltage. The simulation results show that the design of the rectifier circuit and the boost control circuit output voltage waveform stability is excellent.

Keywords

Micro-Turbine, Grid-Connected, Rectification, Boost Control

微型燃气轮机并网整流与升压控制回路设计与仿真

都健刚¹, 刘 莉², 程 铭³

¹国家电网成都供电公司, 四川 成都

²国网成都市龙泉驿供电公司, 四川 成都

³西南石油大学电气信息学院, 四川 成都
Email: 839691312@qq.com

收稿日期: 2017年5月19日; 录用日期: 2017年6月6日; 发布日期: 2017年6月9日

摘要

本文对微型燃气轮机并网整流与升压控制回路进行了设计与仿真。整流部分(Rectifier system)选用电压型PWM整流器(VSR), 所搭建模型主要包括输入滤波电感(Reactor)、整流桥(Three-Level Bridge Rectifier)、整流控制器(Rectifier Controller)和直流滤波电容(C1, C2)。本次研究课题的斩波电路选用的是升压Boost斩波电路, 将电压调节器用作外环控制, 电流内环则根据 i_d^* 、 i_q^* 的值来控制电流, 从而实现与交流侧电流的快速调节作用。Boost Controller模块主要是通过产生合适的控制脉冲信号来控制可控开关Mosfet的通断, 最终实现调节输出电压的目的。仿真结果表明本文设计的整流电路与升压控制回路输出电压波形稳定性优良。

关键词

微型燃气轮机, 并网, 整流, 升压控制

Copyright © 2017 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

微型燃气轮机是一类新近发展起来的小型热力发动机, 其单机功率范围为 25~300 kW [1]。基本技术特征是采用径流式叶轮机机械(向心式透平和离心式压气机)以及回热循环, 结构简单, 安装方便。微型燃气轮机除了分布式发电外, 还可用于备用电站、热电联产、并网发电、尖峰负荷发电等, 是提供清洁、可靠、高质量、多用途、小型分布式发电及热电联供的最佳方式, 无论在中心城市还是远郊农村甚至边远地区均能适用。目前微型燃气轮机主要分两种结构: 一种是单轴结构, 发电机与涡轮通过同一转轴相连, 由于转速较高, 发电机需要通过变流装置转换为工频交流电; 另外一种是分轴结构, 燃气涡轮与动力涡轮采用不同的转轴, 转速较低的动力涡轮通过变速齿轮与传统发电机相连, 可直接并网而不需额外增加变流装置[2]。

本文对微型燃气轮机并网整流与升压控制回路进行了设计与仿真。整流部分(Rectifier system)选用电压型 PWM 整流器(VSR)。斩波电路选用的是升压 Boost 斩波电路。Boost Controller 模块主要是通过产生合适的控制脉冲信号来控制可控开关 Mosfet 的通断, 最终实现调节输出电压的目的。

2. 整流模块搭建

2.1. 整流主电路模块(Rectifier system)搭建

PWM 整流根据不同的分类方式可以分为各种不同的种类, 但是最为基本的分类方法是根据其直流储能的形式来进行划分的, 具体可以包括电压型 PWM 整流器以及电流型 PWM 整流器[3]。在本次模型中,

整流部分(Rectifier system)选用电压型 PWM 整流器(VSR)，由于 VSR 的直流侧是利用电容对输出直流进行储能，从而让其直流侧能够表现为，一种显示出低阻抗的电压源特性[4]。

所搭建模型如图 1 所示，主要包括输入滤波电感(Reactor)、整流桥(Three-Level Bridge Rectifier)、整流控制器(Rectifier Controller)、直流滤波电容(C1, C2)等。

2.2. 整流控制器模块(Rectifier Controller)搭建

整流控制器(Rectifier Controller)模块主要包括抗混叠滤波器(Anti-aliasing Filters)和双环控制模块(UI Controller)，该模块主要功能是通过产生合适的控制脉冲信号，以达到输出稳定直流电压、单位输入功率因数以及交流电流正弦的目的。

抗混叠滤波器(Anti-aliasing Filters)的作用是能够有效的解决频率混叠的问题，从而使模拟信号可以更好的完成离散化采集过程；除此之外还能够对不需要的信号进行削弱与过滤；同时也能够针对 ADC 的转换过程中所生成的瞬态能量实现缓冲作用。其仿真模型如图 2 所示，其中将二阶滤波器(2nd-Order Filter)模块中的截止频率(Cut-Off frequency)参数设置为 750 Hz。

控制器模块由锁相环(PLL)、dq 变换单元(dq_transform)、直流电压控制环(Udc_Control)、交流电流控制环(Iac_control)等构成，其模型如图 3 所示。其中 Udc_Control 用于实现直流电压控制，Iac_control 用于反馈解耦电流控制。利用坐标变换模块 abc_to_dq0 Transformation，以实现 Vabc、Iabc 从 abc 轴到 dq0

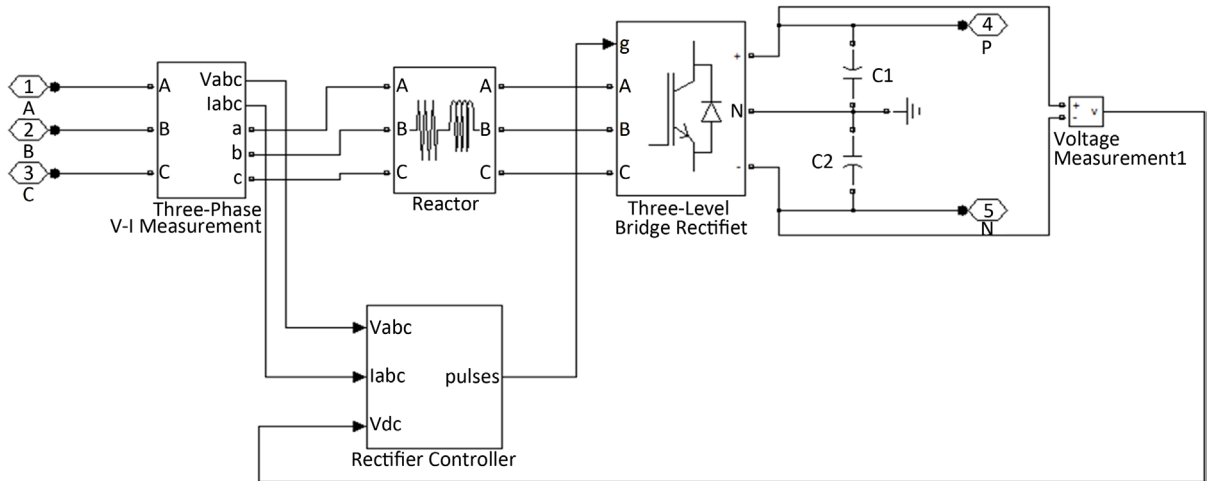


Figure 1. Rectifier module main circuit module

图 1. 整流模块主电路模块

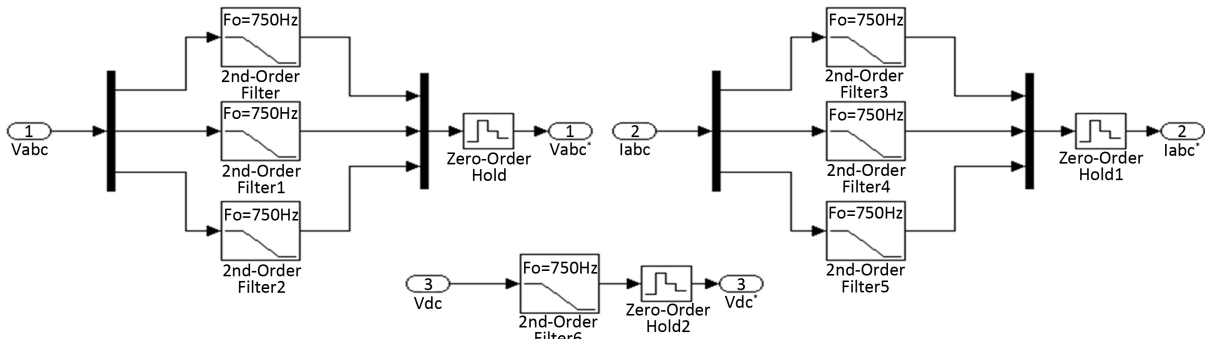


Figure 2. Anti-aliasing Filters model

图 2. Anti-aliasing Filters 模型

轴之间的转换，最终得到 V_dV_q 、 I_dI_q 分量。其模型如图 4 所示。由于只需维持直流电压恒定，所以采用了一个 PI 环节实现，其输出作为电流 d 轴的输入给定，即 i_d^* ，其中 PI 控制器中， K_p 设置为 0.5， K_i 设置为 50 ($0.2 < K_{p_v} < 0.8$, $20 < K_{i_v} < 300$)，Saturation 模块中参数 Upper Limit 设置为 12，Low Limit 设置为 -12 其模型如图 5 所示。iac_control 是基于 dq 轴系实现的，通过引入状态反馈，来实现 d、q 轴独立控制，其中 d 轴用于控制有功，q 轴用于控制无功。其模型如图 6 示。其中其中 PI 控制器中， K_p 设置为 0.5， K_i 设置为 50 ($0.2 < K_{p_l} < 0.8$, $20 < K_{i_l} < 300$)；Saturation 模块中参数 Upper Limit 设置为 750，Low Limit 设置为 10。Gain 模块(即 ωL)设置为 0.04。PWM 生成模块如图 7 所示。

2.3. 整流模块仿真分析

对整流模块进行仿真分析，其仿真结果图 8 所示，最终输出直流电压为 540 V，有图形知输出波形较稳定，同时也说明了所搭建模型可行。

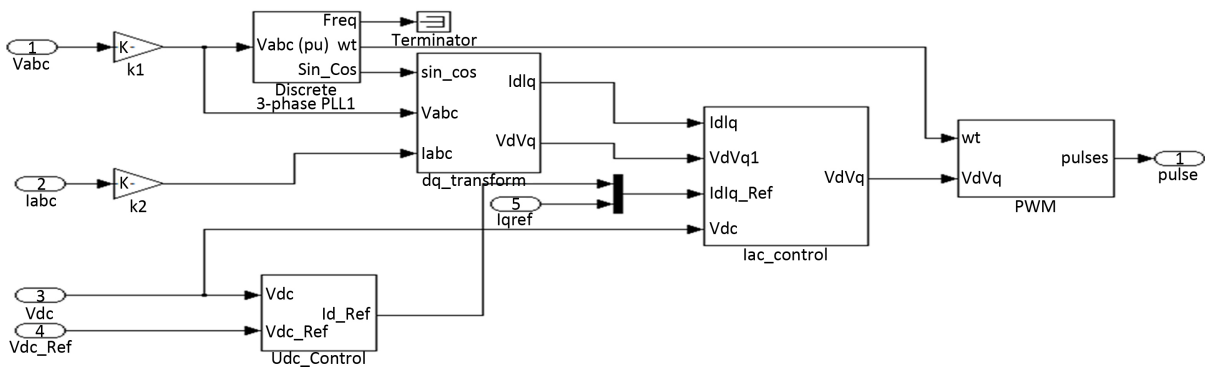


Figure 3. UI Controller model
图 3. UI Controller 模型

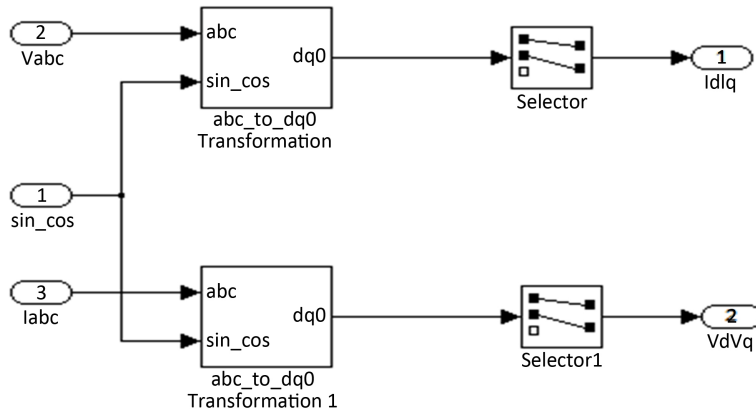


Figure 4. dq_transform model
图 4. dq_transform 模型

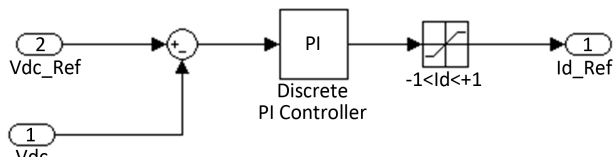


Figure 5. Udc_Control model
图 5. Udc_Control 模块

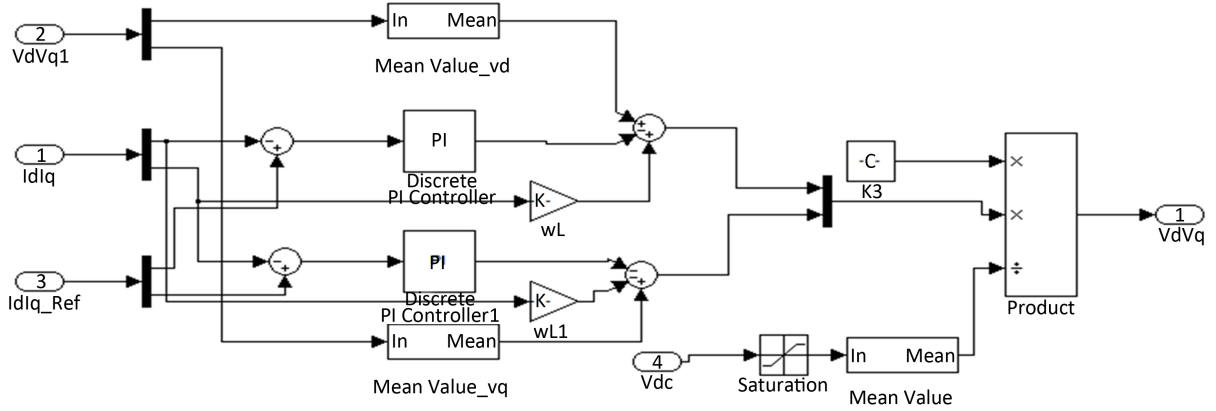


Figure 6. Iac_control model
图 6. Iac_control 模型

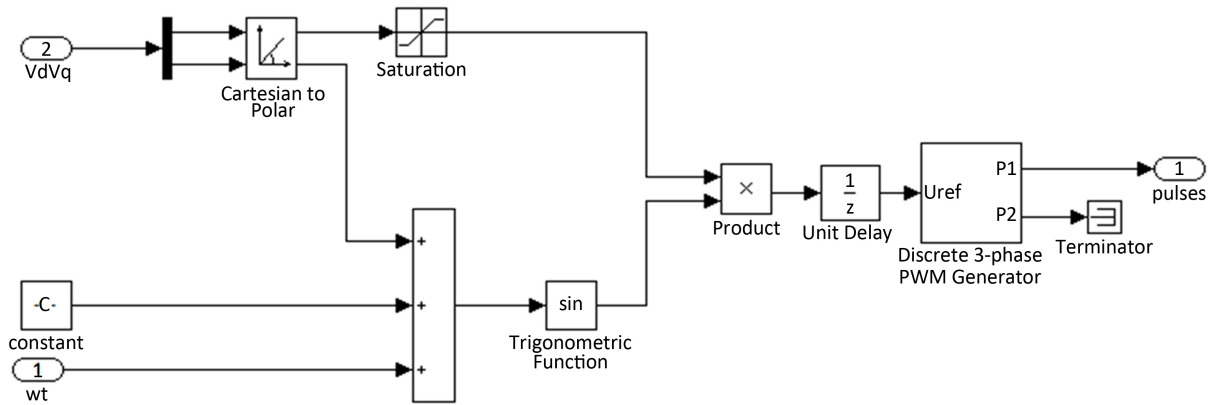


Figure 7. PWM generation model
图 7. PWM 生成模型

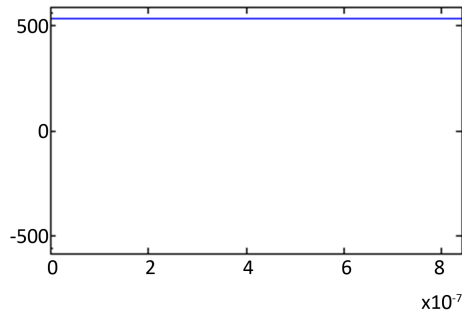


Figure 8. U_{dc} waveform
图 8. U_{dc} 波形

3. Boost 模块搭建

直流 - 直流变换电路(DC-DC Converter)也叫做斩波电路(CD Chopper), 是一种能够有效实现迅速、高频率控制开关通断动作功能的电路, 其作用能够将输入的直流电变为可调电压的直流电或另一固定电压的直流电[5]。由于 DC Chopper 的种类繁多, 其基本的分类可分为如下六种: 降压斩波电路(Buck Chopper)、升压斩波电路(Boost Chopper)、升降压斩波电路(Buck-Boost Chopper) [6]、Cuk 斩波电路、Sepic 斩波电路、Zeta 斩波电路。Buck 和 Boost 斩波电路是最基本的两类。本次研究课题的斩波电路选用的是升压 Boost

斩波电路。其电路结构图如图 9 所示。主要由升压控制器(Boost Controller)、开关(Mosfet)、支撑电容 C、

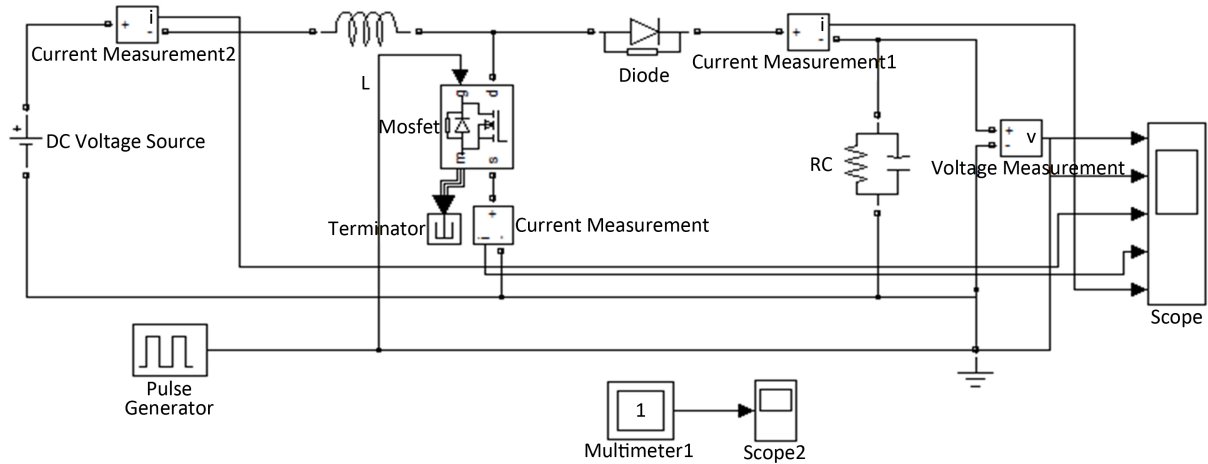


Figure 9. Boost main circuit model

图 9. Boost 主电路模型

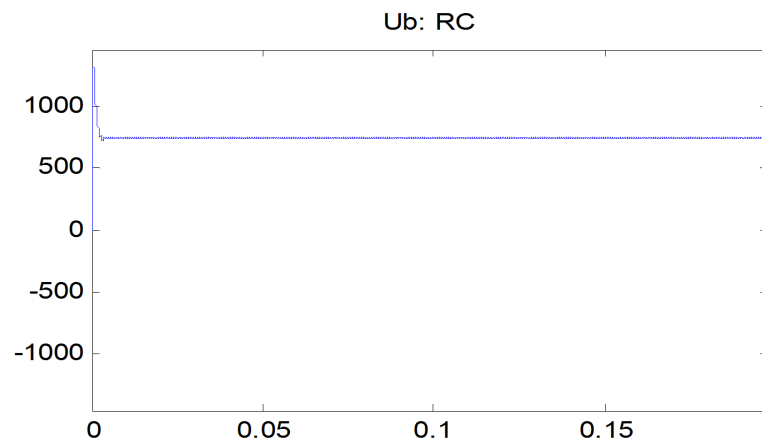


Figure 10. U_{dc} waveform after boost

图 10. 升压后 U_{dc} 波形

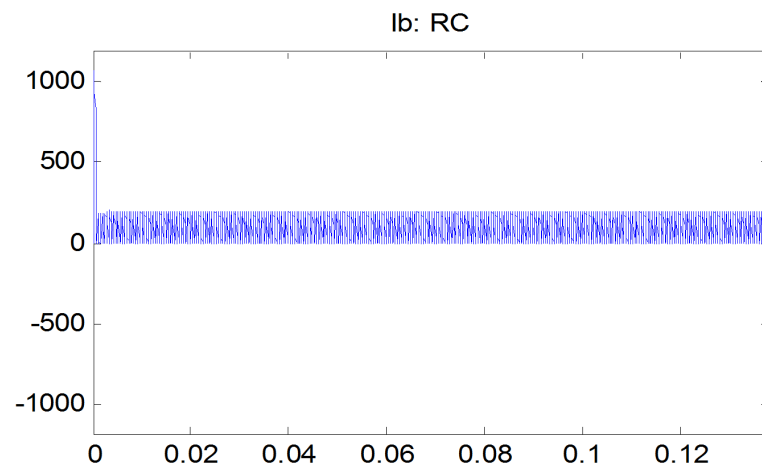


Figure 11. I_{dc} waveform after boost

图 11. 升压后 I_{dc} 波形

电感 L、Pulse Generator 等构成。

Boost 模块仿真分析对

对 BOOST 模块进行仿真分析，最终经升压后的输出直流电压如图 10、图 11，有图形知输出波形较稳定，同时也说明了所搭建模型可行。

4. 结论

1) 对整流模块进行仿真分析，最终输出直流电压为 540 V，输出波形较稳定，同时也说明了所搭建模型可行。

2) 对 BOOST 模块进行仿真分析，最终经升压后的输出直流电压波形较稳定，同时也说明了所搭建模型可行。

参考文献 (References)

- [1] 宋明玉, 曾成碧. 微型燃气轮机发电系统并网运行和孤网运行仿真[J]. 现代电力, 2010, 27(5): 72-75.
- [2] 王成山, 马力, 郭力. 微网中两种典型微型燃气轮机运行特性比较[J]. 天津大学学报, 2009, 42(4): 316-321.
- [3] 薛超. PWM 整流器控制系统的研究[D]: [硕士学位论文]. 哈尔滨: 哈尔滨工程大学, 2006.
- [4] 张建华. 微电网运行控制与保护技术[M]. 北京: 中国电力出版社, 2010.
- [5] 刘绪斌. 浅谈电力电子技术的应用及其发展[J]. 中国电子商务, 2012(6): 145.
- [6] 殷明. 太阳能 - 市电互补 LED 路灯系统的设计[D]: [硕士学位论文]. 福州: 福建农林大学, 2014.

期刊投稿者将享受如下服务:

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网络覆盖式推广您的研究

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: jee@hanspub.org