



INNER MONGOLIA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY  
内蒙古工业大学

INNER MONGOLIA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

**IRTD**S  
Technologies



# Simulation Fundamental for Power Electronics and Electric Machine Control Based on RTDS

刘广忱

2019-10-17

# 目 录

- 1 | 学校及学院基本情况
- 2 | 学院科研简介
- 3 | 课题组科研情况
- 4 | 为什么要写这本书
- 5 | 书的主要内容简介

1

# 学校及学院 基本情况



# 内蒙古工业大学



# 关于内蒙古

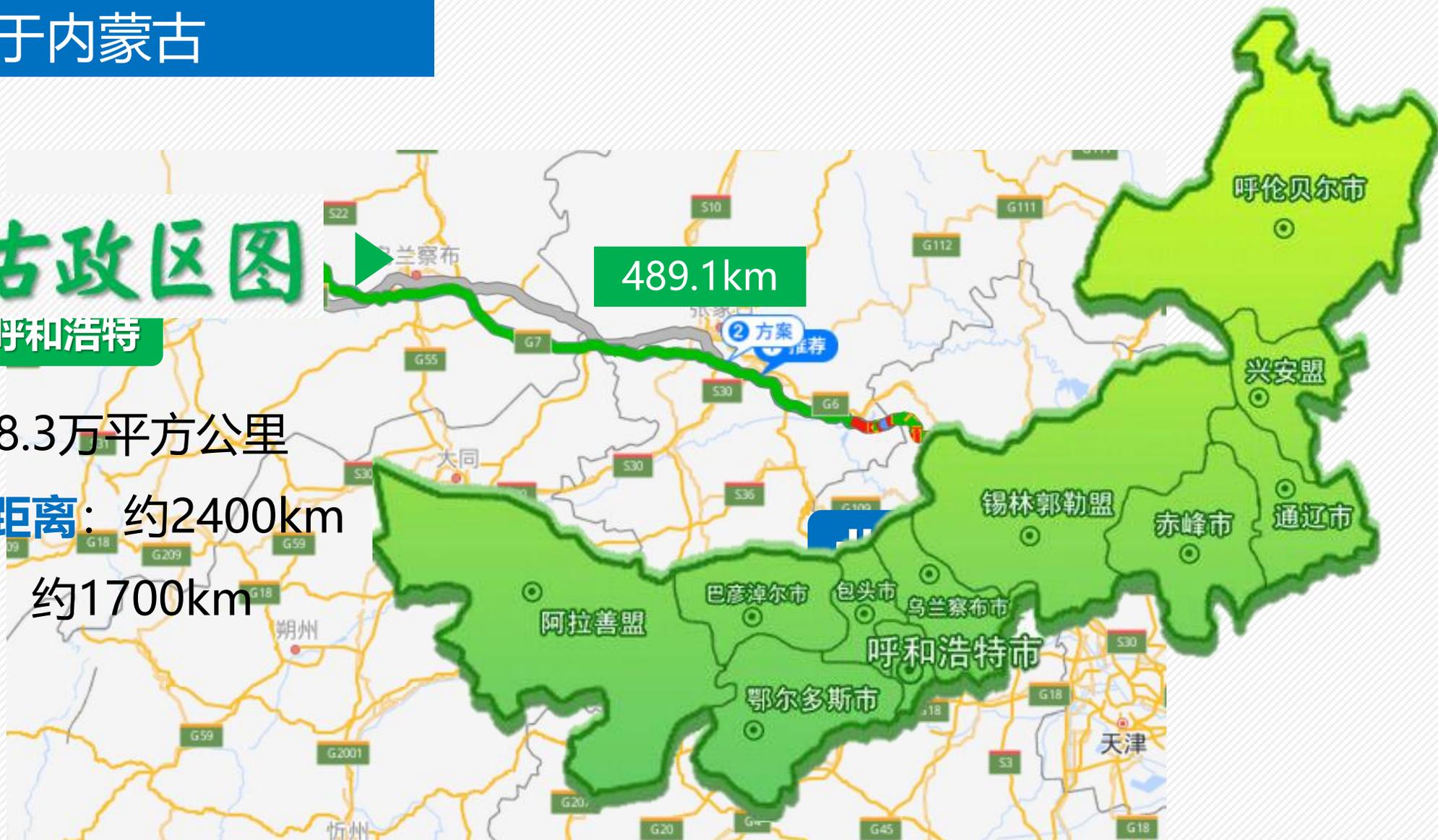
## 内蒙古政区图

呼和浩特

面积：118.3万平方公里

东西直线距离：约2400km

南北跨度：约1700km



# 内蒙古工业大学



# 内蒙古工业大学

以工为主，工、理、文、经、管、法、艺术相结合，具有博士、硕士、本科完整人才培养体系的特色鲜明的多科性大学。现设有22个教学单位，拥有62个研究院（所）；有博士后流动站1个，博士学位授权一级学科3个，博士学位授权二级学科（不含一级学科覆盖点）1个；硕士学位授权一级学科18个；有本科专业73个。

学校现有教职工2027人，专任教师1378人，其中教授184人，副教授455人，博士生导师70人，硕士生导师585人。专任教师中有88.09%获得博士、硕士学位。

学校现有5个教育部特色专业建设点，4个教育部卓越工程师培养计划试点专业，1个国家级校外大学生工程实践基地，1个国家级实验教学示范中心，1个国家级专业综合改革试点专业，1个自治区级专业综合改革试点专业，4个自治区级重点建设专业，25个自治区级品牌专业，8个自治区级实验教学示范中心，19个自治区级教学团队，18名自治区教学名师。

68年来，学校培养了17万余名优秀人才。

(数据更新于2019年4月30日)





2

# | 学院科研简介

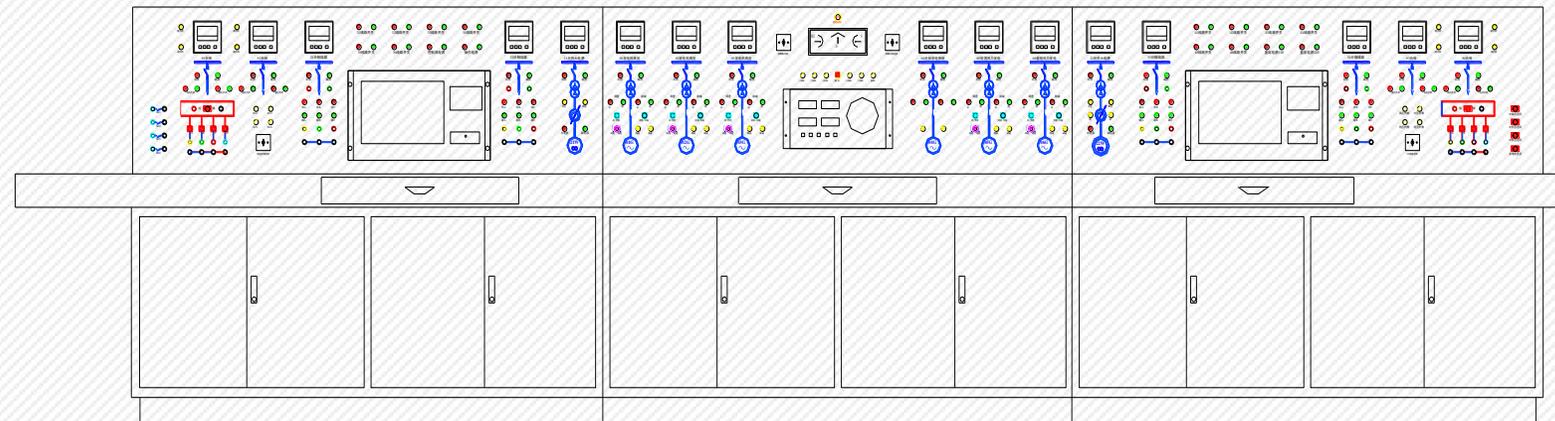
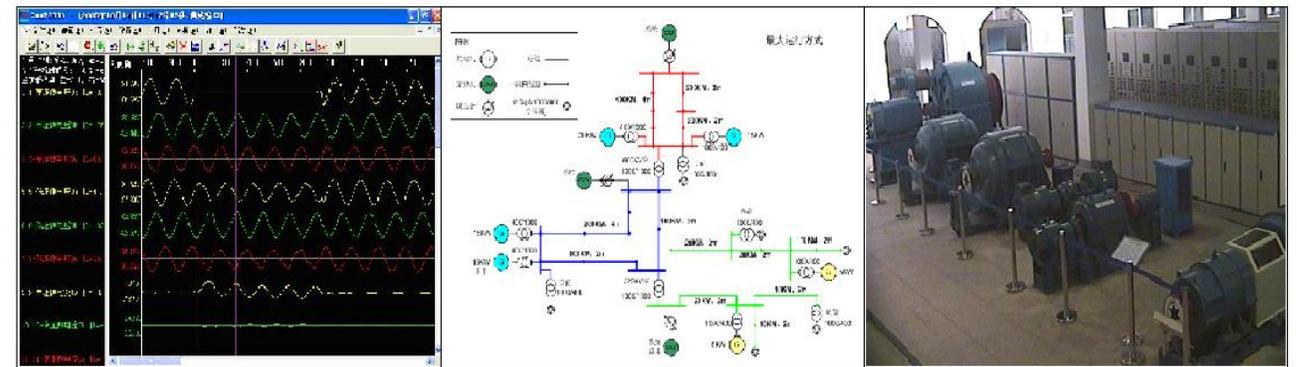


## 2.1 电气工程研究方向

依托内蒙古自治区电能变换传输与控制重点实验室和电力系统动态模拟实验室、实时数字仿真（RTDS）实验室、智能微电网实验室等研究平台

### 新能源并网系统规划分析与优化运行

研究主要集中在大规模风电/光电接入对电力系统运行可靠性、电压稳定性、电能质量的影响，分布式电源供电模式的分析模型及算法，配电网（负荷）需求侧的管理模式和控制策略，电力市场环境下配电网规划运行分析与评估，智能配电网运行优化与节能技术应用等方面。



## 2.1 电气工程研究方向

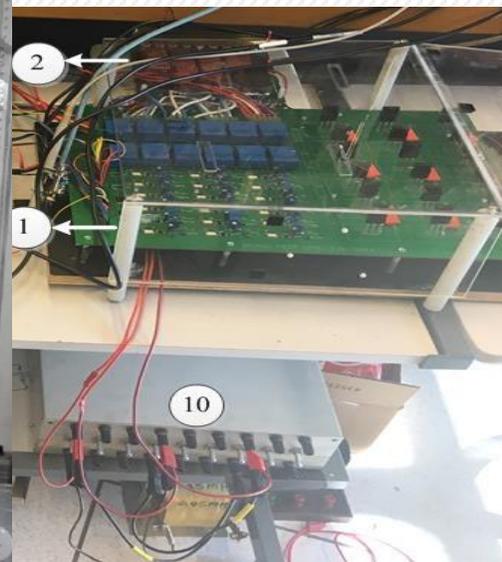
依托内蒙古自治区电能变换传输与控制重点实验室和电力系统动态模拟实验室、实时数字仿真 (RTDS) 实验室、智能微电网实验室等研究平台

### 电力电子在电力系统中的应用

研究主要集中在微电网运行关键问题及协调控制, 大型风力发电系统运行控制和提升其故障穿越能力, 风力发电系统的无功补偿和谐波抑制, 新型电力电子变换器在电力系统中的应用等方面。



矩阵变换器硬件:  
⑤ 传感器, ⑥ 输出电容。



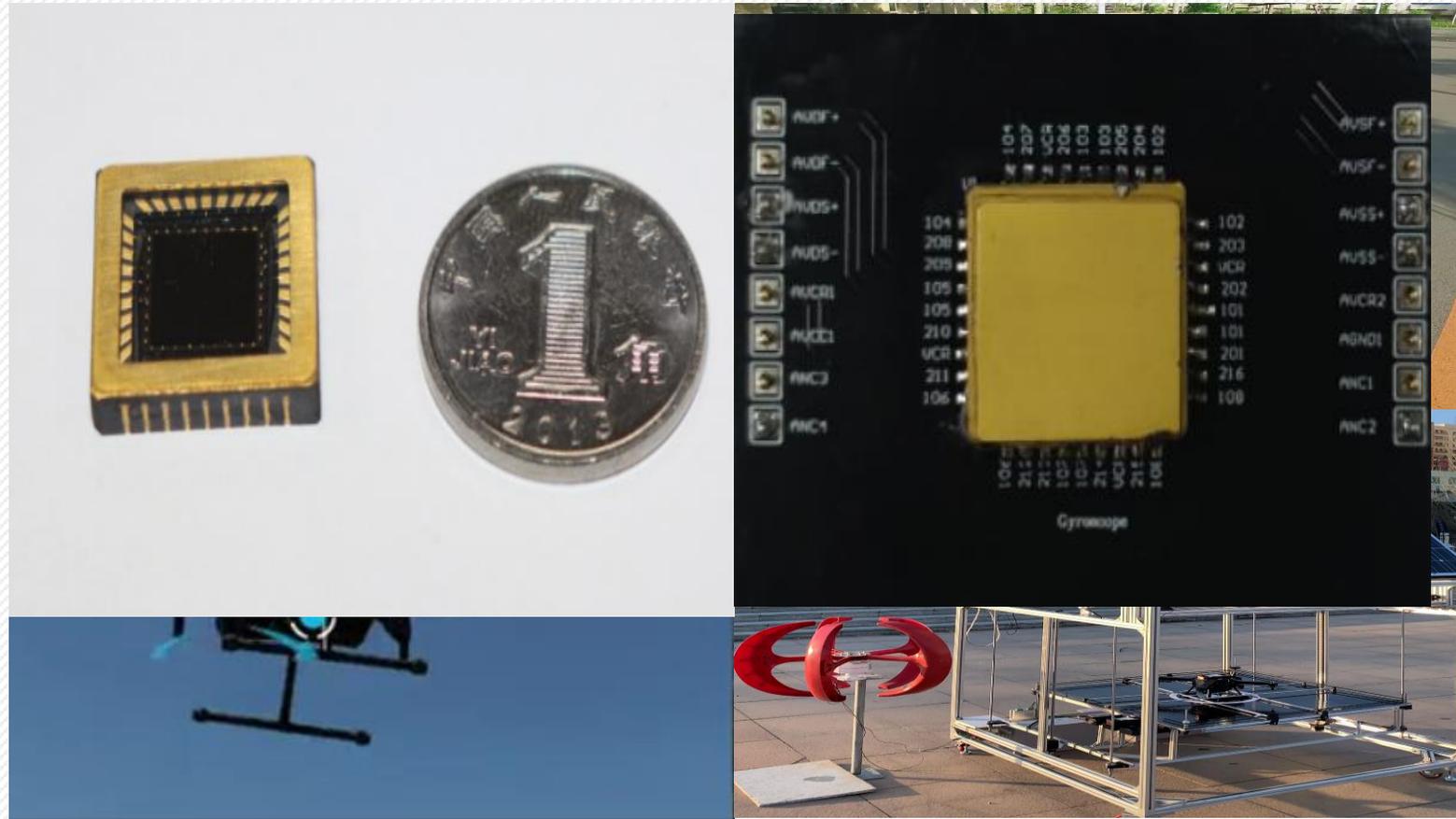
② DSP控制板, ④ ADC 调理电路, ⑧ 负载, ⑨ 钳位电路, ⑩输入滤波电容。

## 2.1 电气工程研究方向

依托内蒙古自治区电能变换传输与控制重点实验室和电力系统动态模拟实验室、实时数字仿真（RTDS）实验室、智能微电网实验室等研究平台

### 电工新技术在电力系统中的应用

研究主要集中在电力系统巡检、风机叶片故障检测、草原灾害监测等领域中无人机和无人车辆的导航与控制技术，大型风电机组传动链故障监测与诊断技术，锅炉-汽机（传统能源）、风机-光伏（新能源）、特高压输电及微反应器（化工）等复杂系统的数据采集处理、数学建模、优化与控制技术等方面



## 2.2 控制工程研究方向

依托内蒙古自治区机电控制重点实验室和导航制导测试平台、风机故障模拟实验平台等研究平台

### 风力发电系统全生命周期 控制与诊断

主要研究小型风力发电系统的集成控制策略，大型风力发电系统的新型控制策略和大型风电机组的故障诊断与性能预测技术



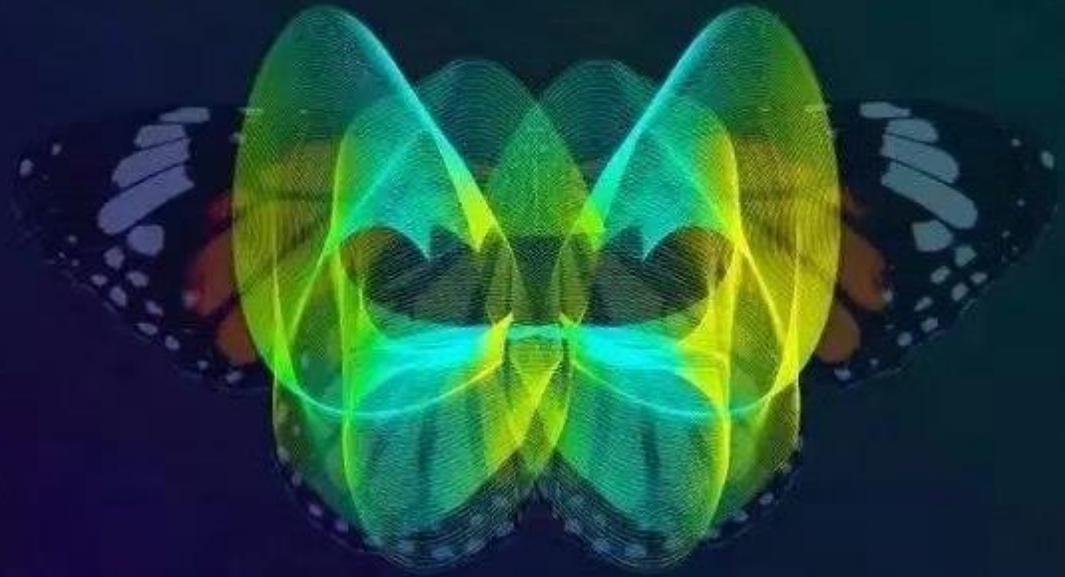
## 2.2 控制工程研究方向

依托内蒙古自治区机电控制重点实验室和导航制导测试平台、风机故障模拟实验平台等研究平台

### 复杂系统建模优化与控制

主要研究锅炉-汽机(传统能源), 风机(新能源), 微反应器(化工)等系统的机理模型和预测控制、容错控制等先进控制策略, 控制系统中对象、环境、过程的信息获取、转换、传递与处理的理论、方法和技术等

The Butterfly Effect is the idea that one small effect could have large consequences.

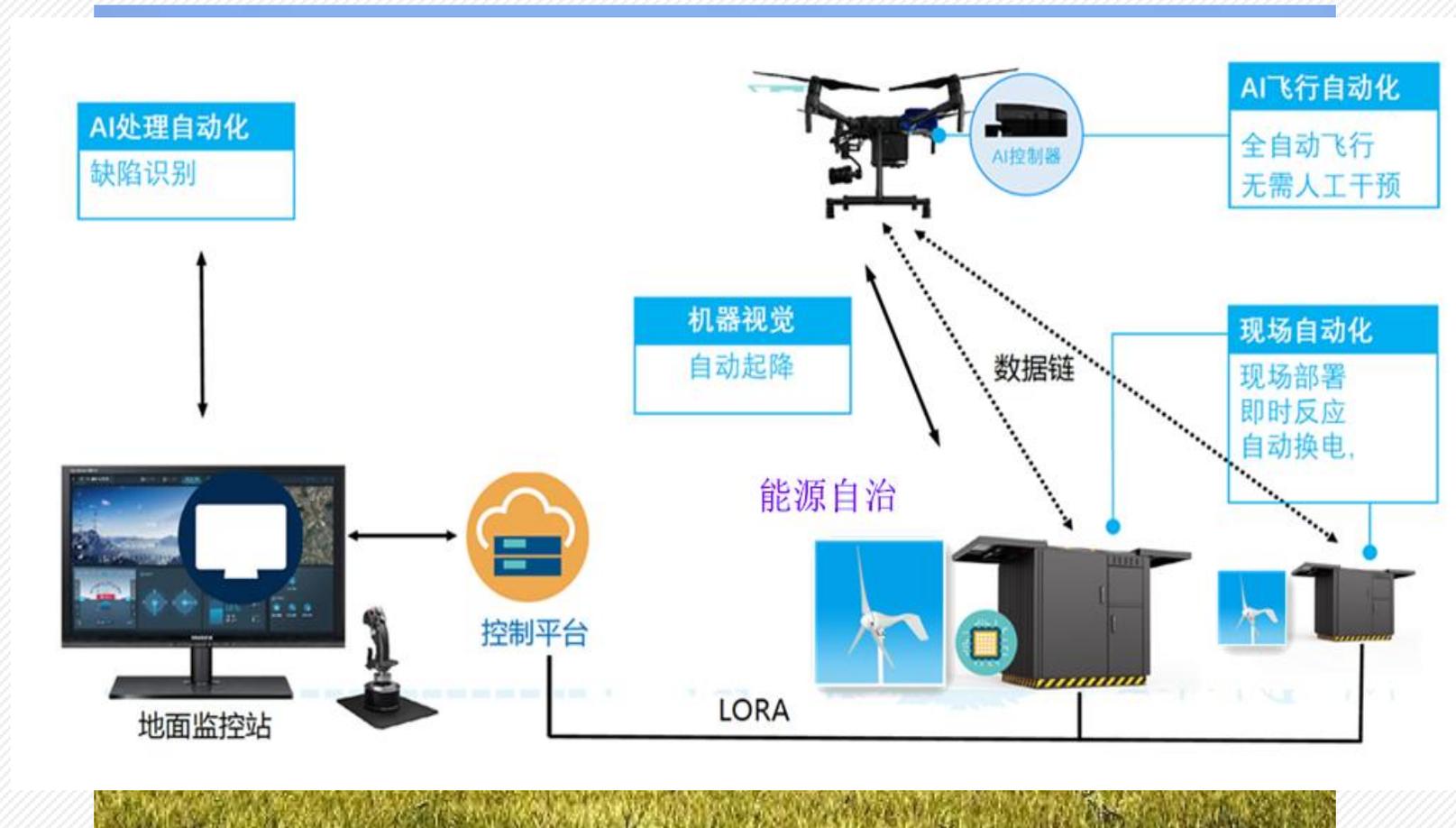


## 2.2 控制工程研究方向

依托内蒙古自治区机电控制重点实验室和导航制导测试平台、风机故障模拟实验平台等研究平台

### 智慧农业系统AI融合与应用

主要利用图像处理技术、机器视觉、高光谱等技术，开展农作物、草原等病虫害的检测与识别等研究。



3

# 课题组科研情况



## 3.1 课题组主要成员



**王生铁**

博导/教授/博士



**田桂珍**

教授/博士



**刘广忱**

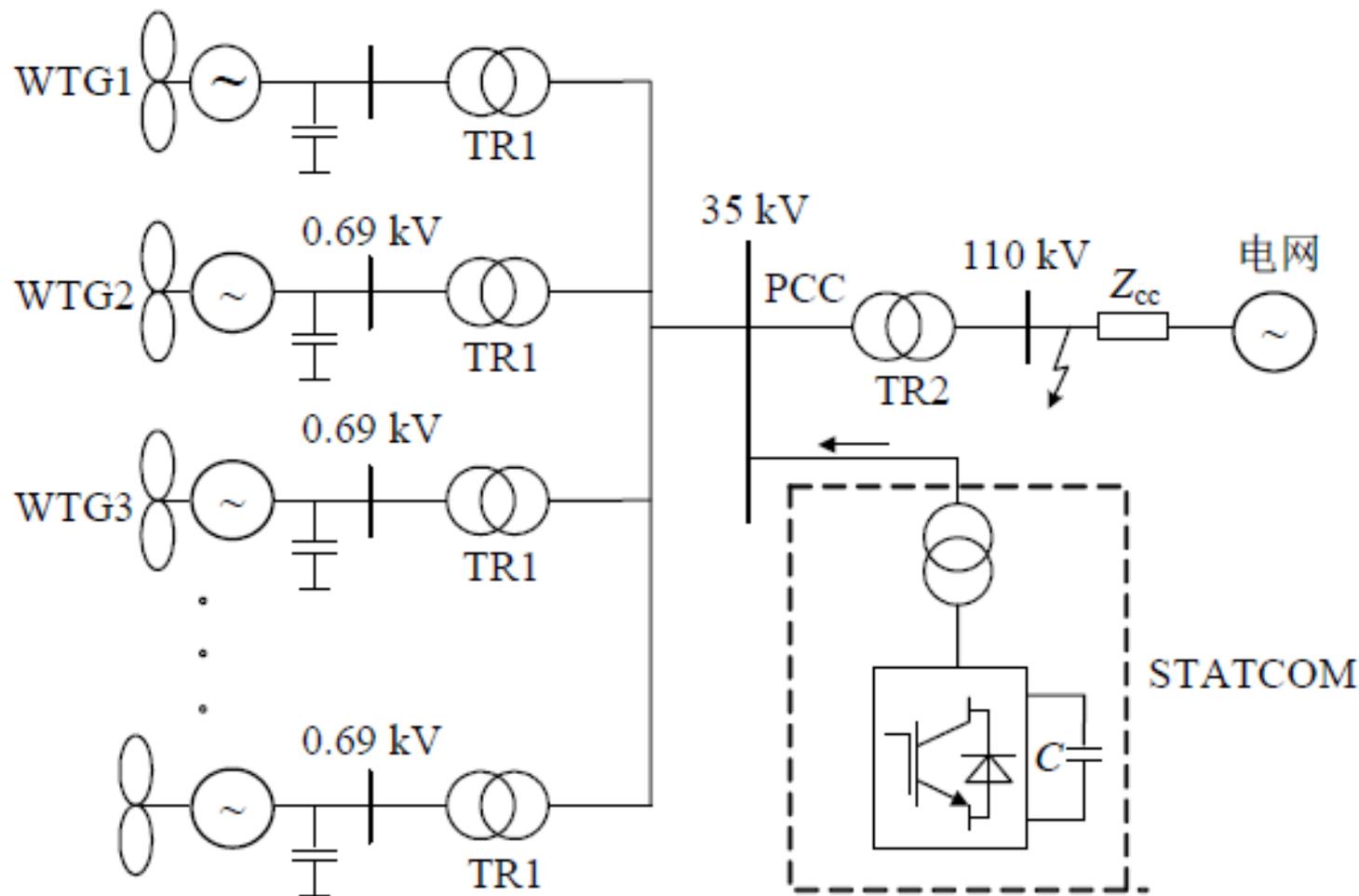
副教授/博士



**张建伟**

副教授/博士

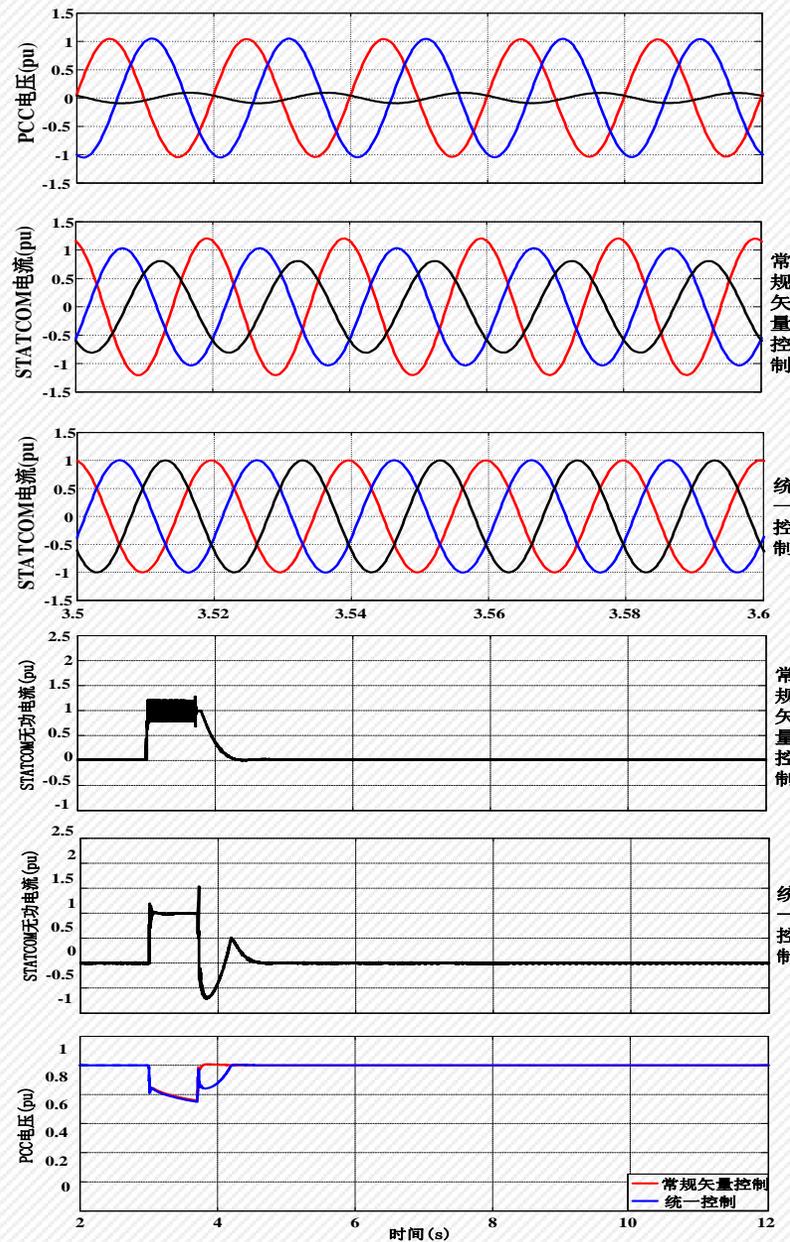
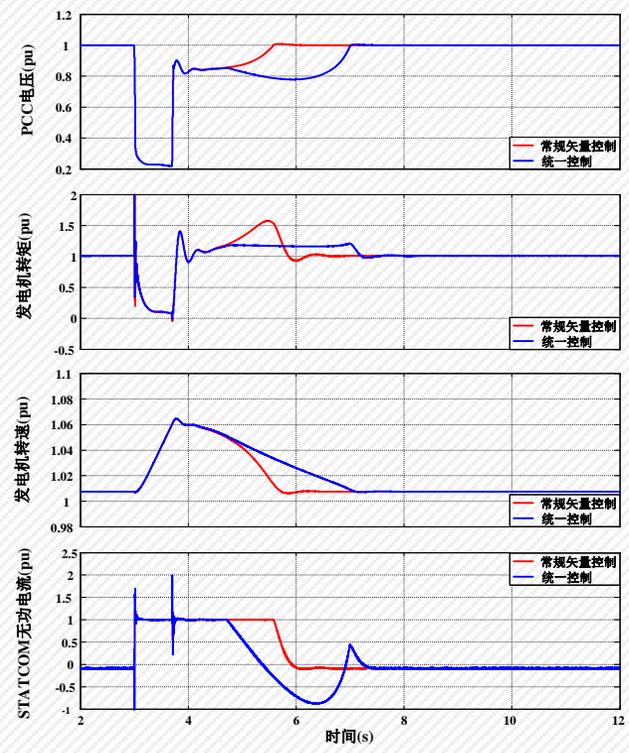
## 3.2 课题组主要研究内容



- STATCOM改善笼型机风电场性能的机理分析
- 笼型机风电场STATCOM统一控制策略
- 抑制转矩脉动的笼型机风电场STATCOM正负序电压协调控制策略
- 改进型锁相环设计方法

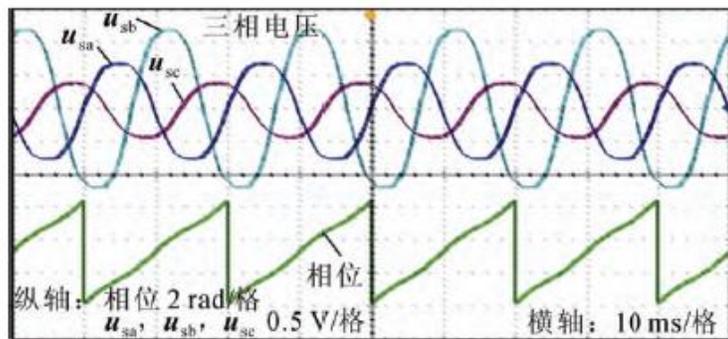
采用STATCOM改善笼型机风电场性能的关键技术

# 3.2 课题组主要研究内容

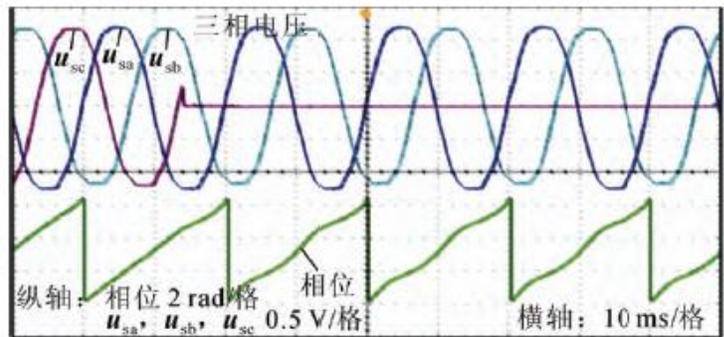


采用STATCOM改善笼型机风电场性能的关键技术

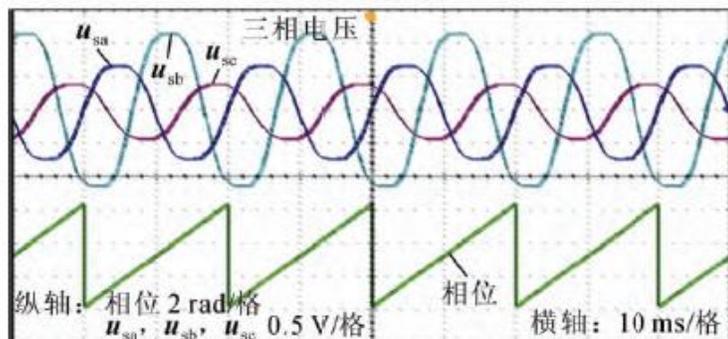
## 3.2 课题组主要研究内容



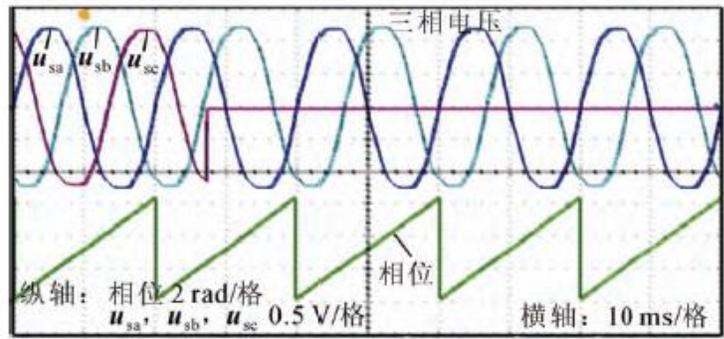
(a) SRF PLL



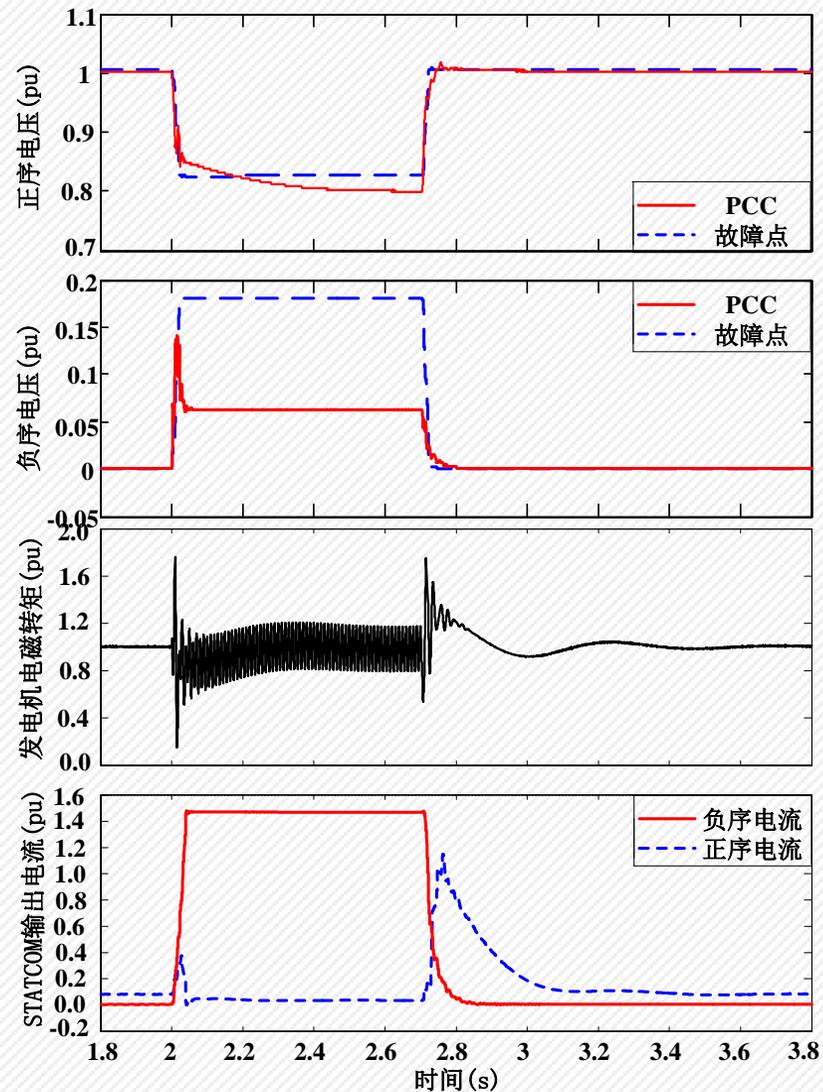
(a) SRF PLL



(b) 改进型锁相环

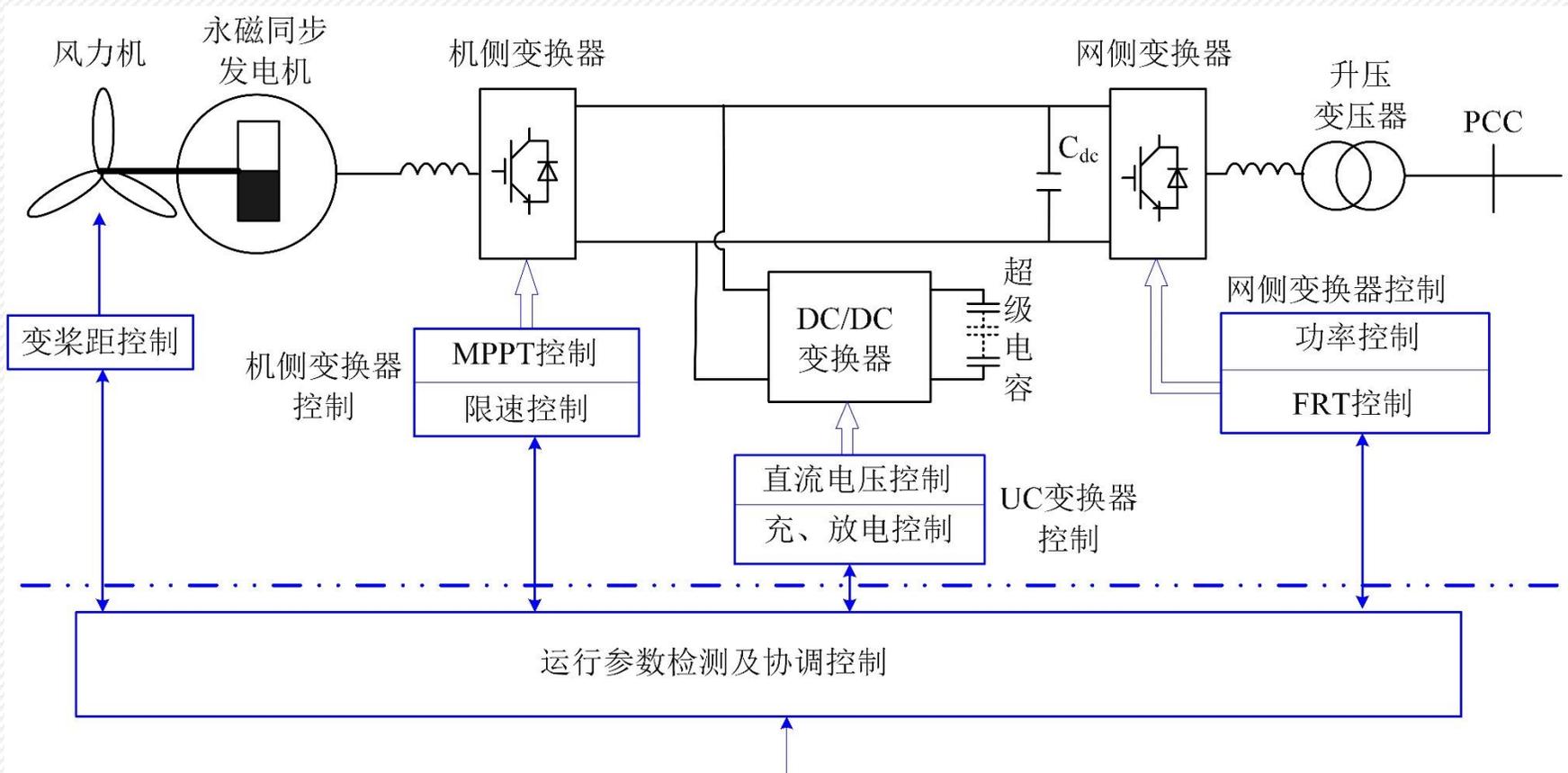


(b) 改进型锁相环



采用STATCOM改善笼型机风电场性能的关键技术

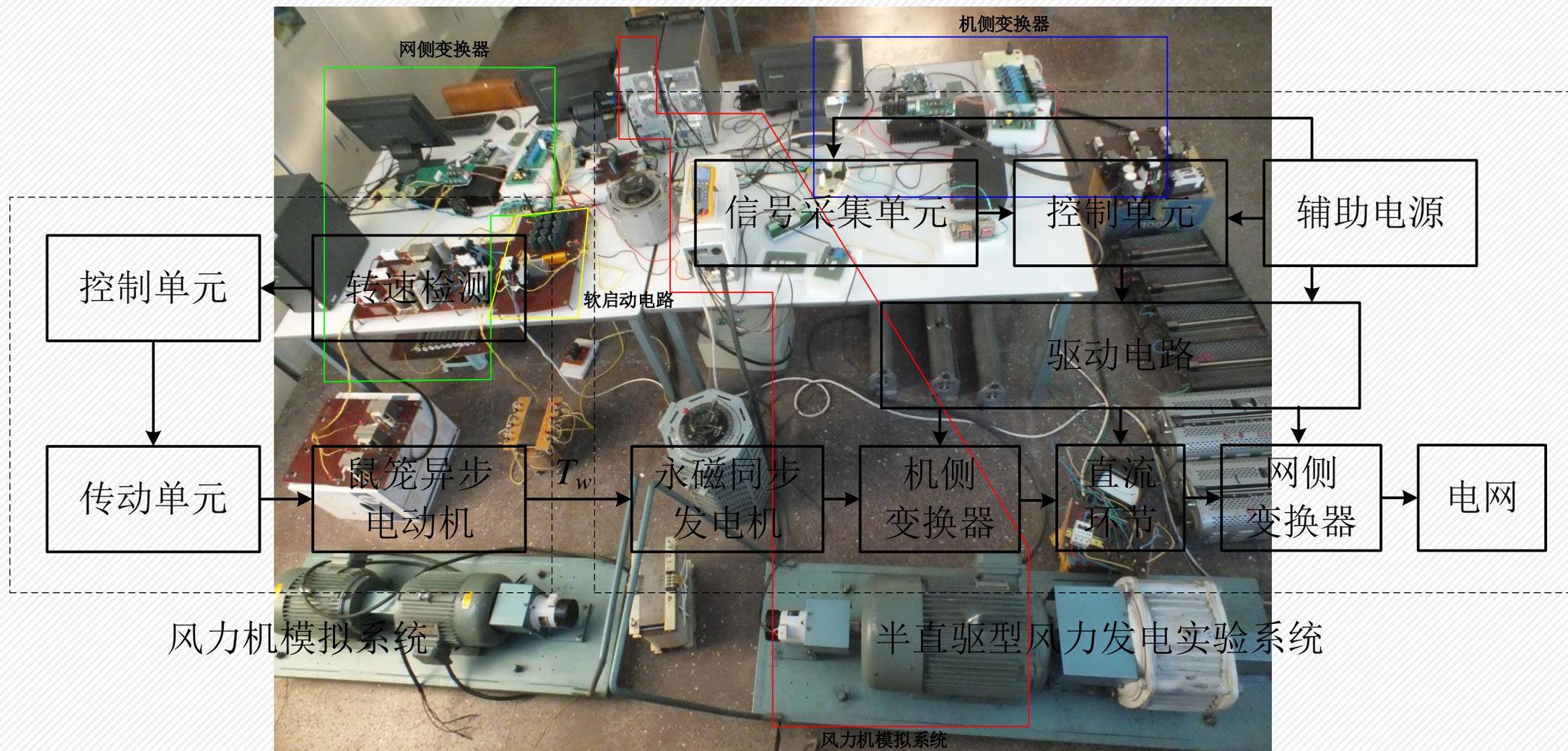
## 3.2 课题组主要研究内容



- 机侧控制
- 网侧控制
- 故障穿越 (LVRT、HVRT)

永磁同步风力发电机组的控制技术

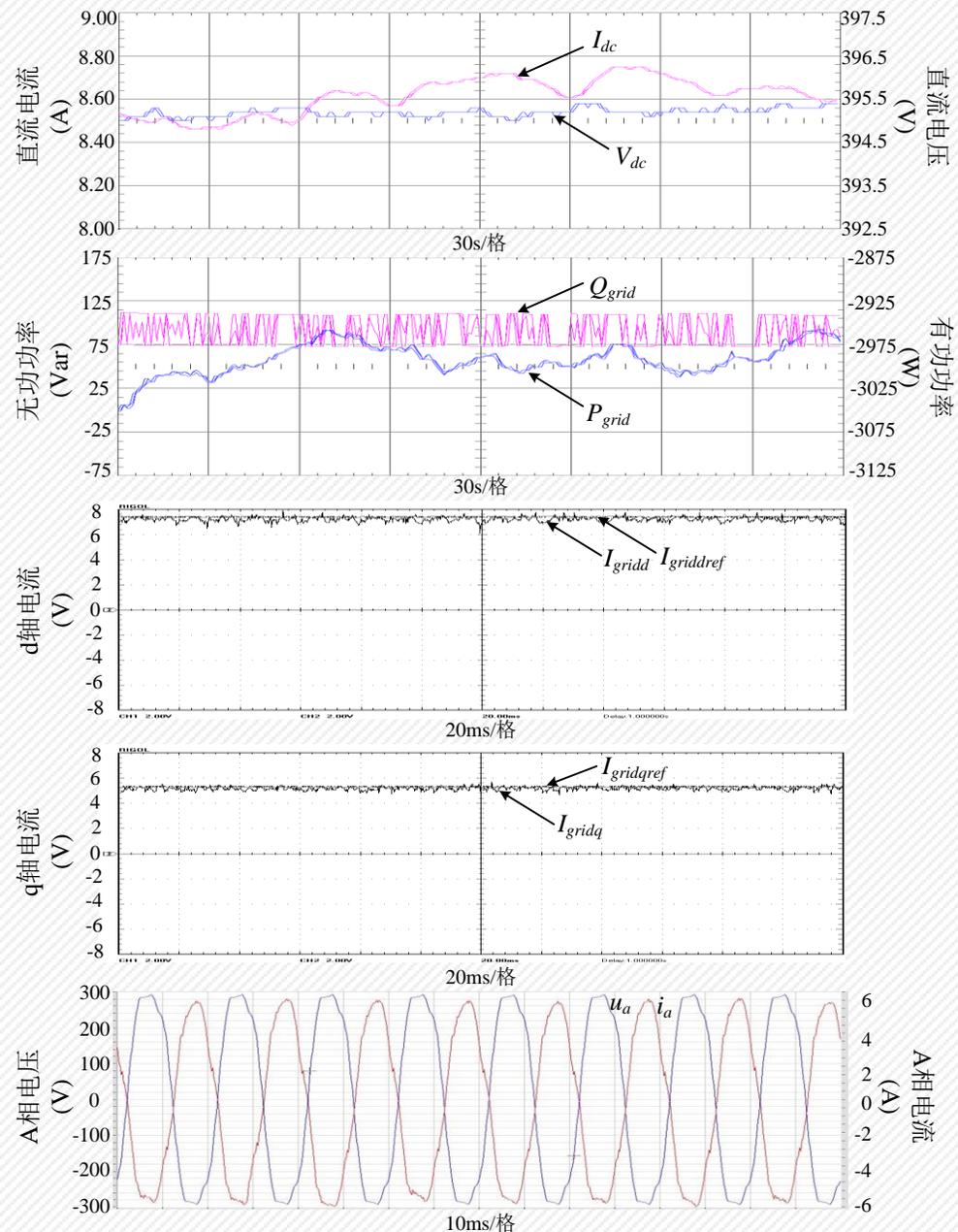
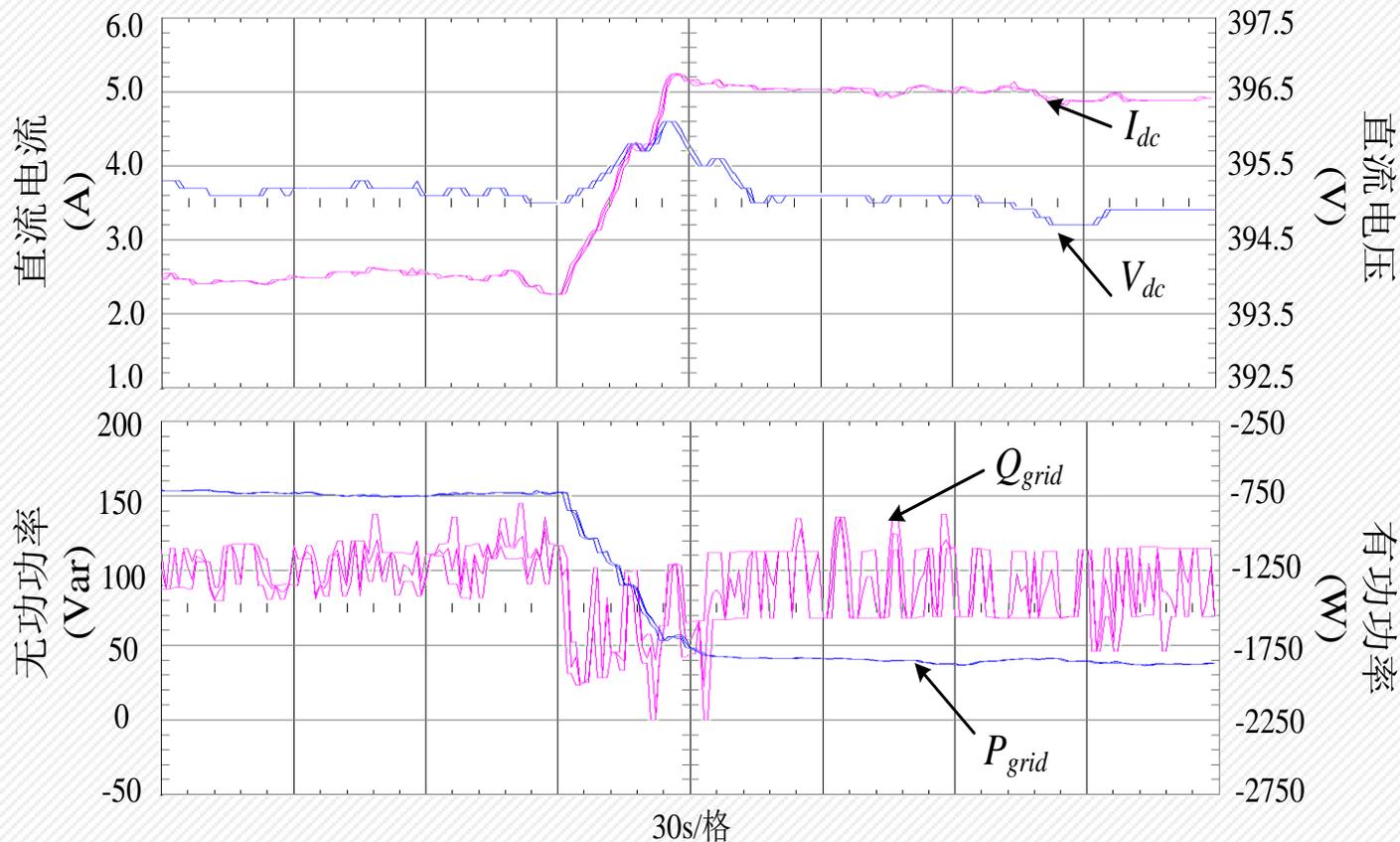
## 3.2 课题组主要研究内容



永磁同步风力发电机组的控制技术



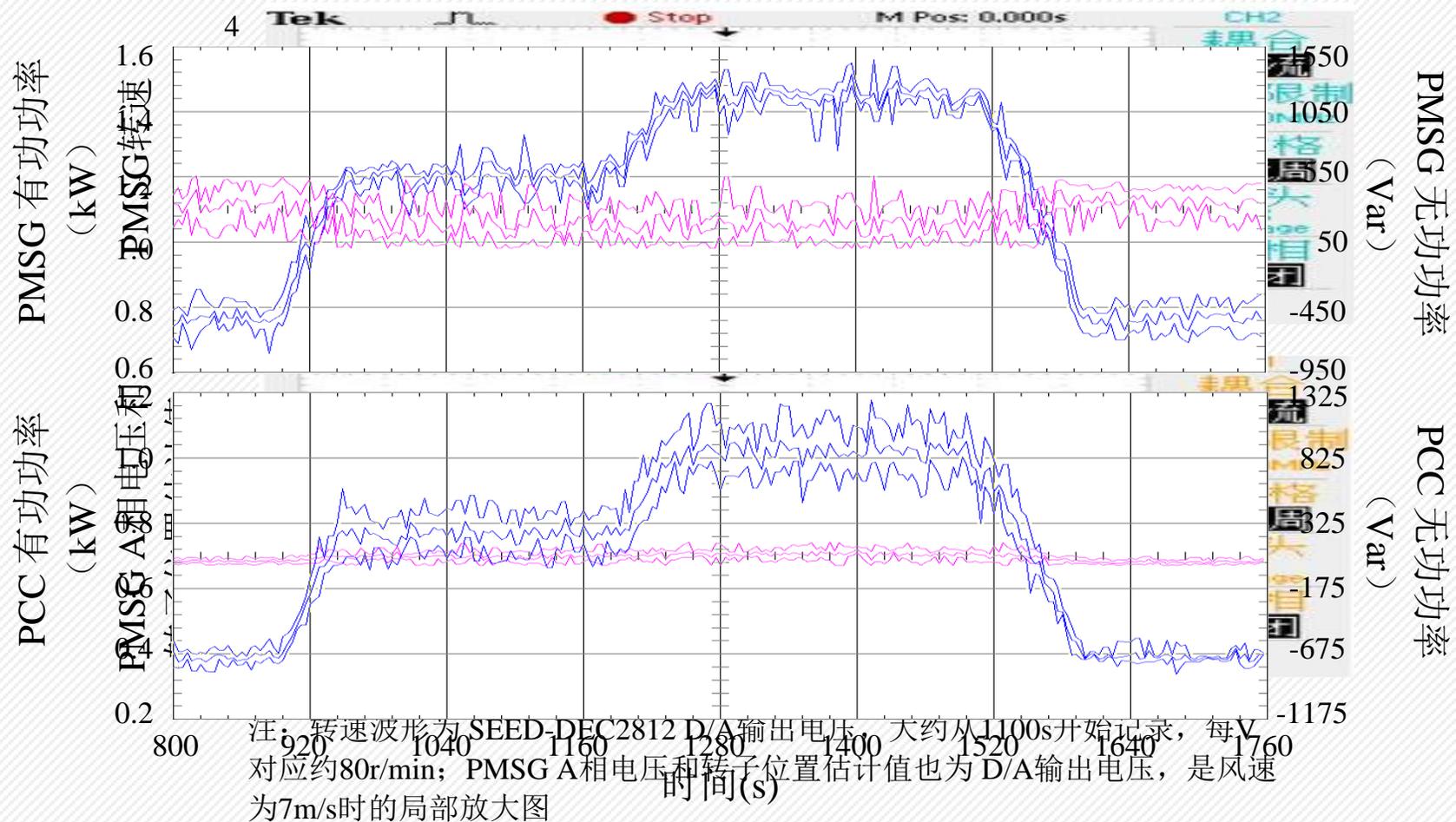
## 3.2 课题组主要研究内容



永磁同步风力发电机组的控制技术

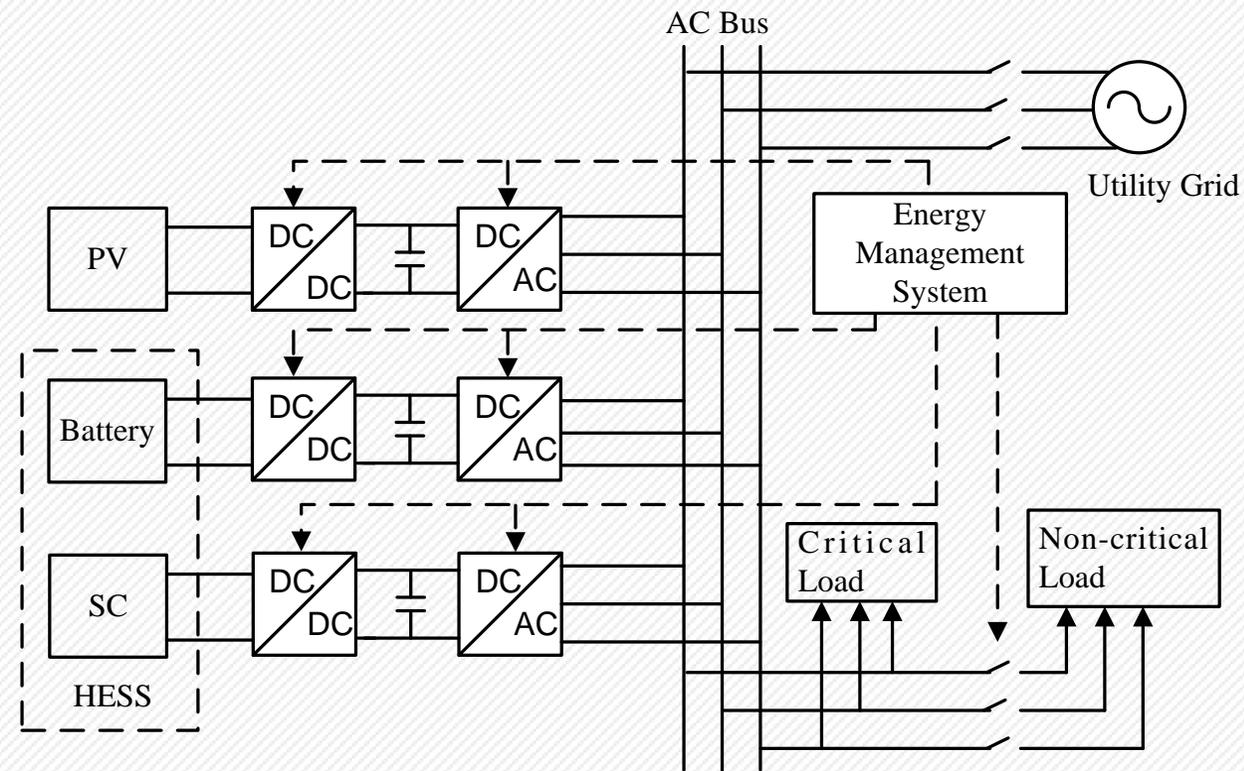
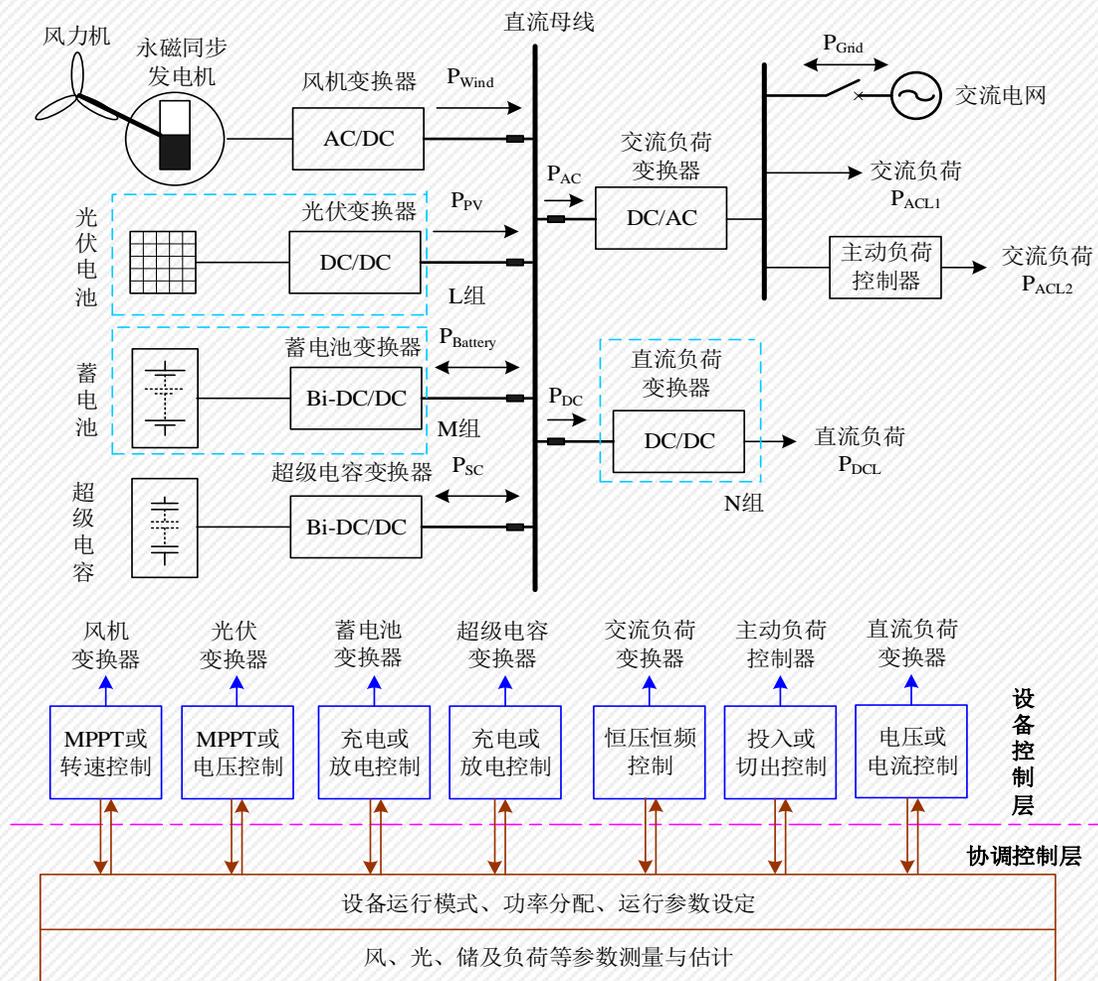
注:  $I_{gridd}$ 、 $I_{griddref}$ 、 $I_{gridq}$ 、 $I_{gridqref}$ 为SEED-DEC2812 D/A输出电压, 5V对应0A, 每增减1V对应电流2.28A

## 3.2 课题组主要研究内容

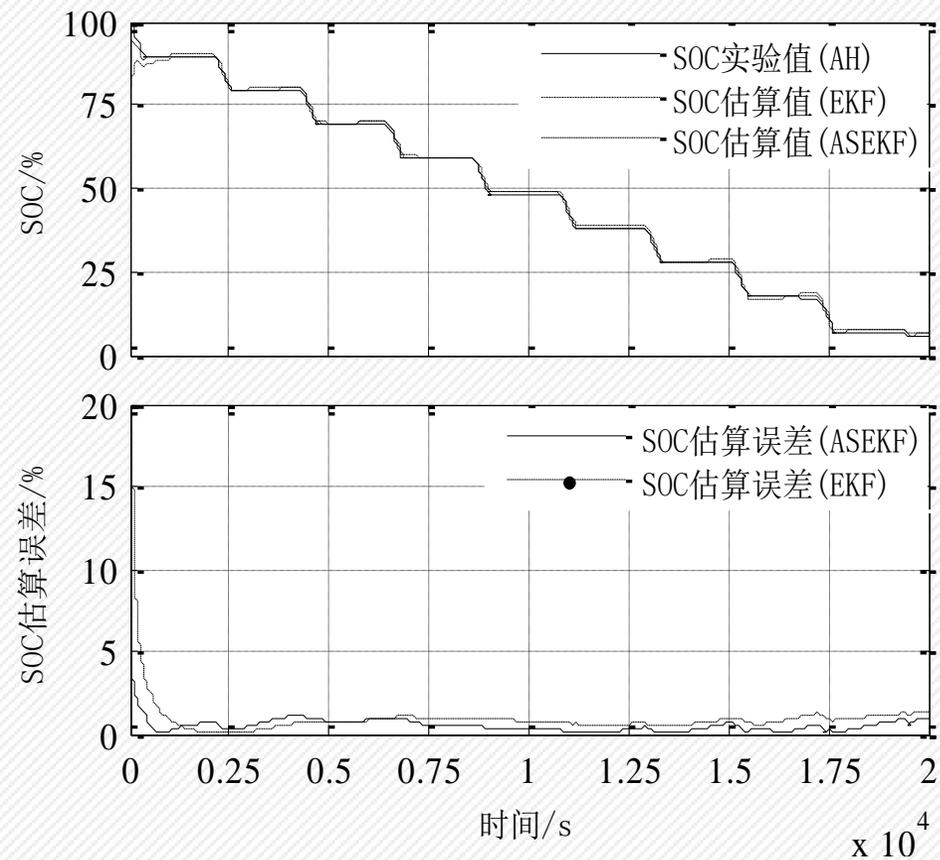
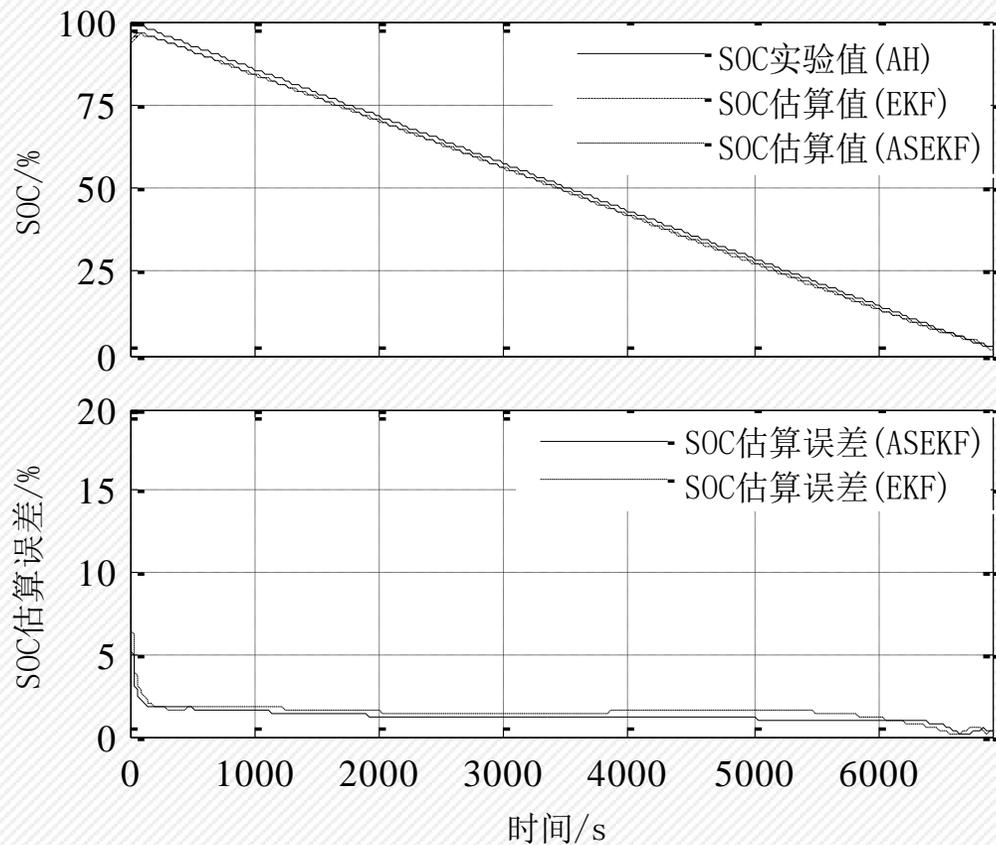


永磁同步风力发电机组的控制技术

## 3.2 课题组主要研究内容



## 3.2 课题组主要研究内容



基于近似二阶EKF的锂离子电池SOC估算

微电网控制技术

3

为什么要写  
这本书



# RTDS的建设及应用



- 1、2—— RTDS柜 3、4—— 功率放大器柜 5—— 模拟断路器柜 6—— 故障录波器柜  
7、8—— GXH101B-105S 线路保护柜 9、10—— GXH103B-123 220kV线路保护柜  
11—— GBH326A-1012变压器保护柜 12—— GBH326A-1012主变压器保护辅助柜

序号	姓名	毕业设计题目	序号	姓名	毕业设计题目
1	王昌程	基于RTDS的电力系统稳定分析	17	包朝鲁门	基于RTDS的过电流保护特性分析及仿真
2	张鑫	永磁同步风电机组网侧变换器仿真实验设计	18	青格乐图	基于RTDS的电力系统无功补偿仿真分析
3	张跃鹏	基于RTDS的微机保护选相方法仿真研究	19	李莫日根	基于RTDS的直流升压变换器仿真分析
4	陶雪成	基于RTDS的电力系统电压调控仿真实验方案设计	20	贺鹏	基于RTDS的三段式过电流保护的实现
5	王铎	基于RTDS的微机保护故障分量法仿真研究	21	李坤	基于RTDS的电力系统暂态稳定分析
6	刘福正	基于RTDS的直流降压变换器仿真分析	22	周汶泰	基于RTDS的三段式距离保护的实现
7	赵成龙	基于RTDS的广义二阶积分锁相环仿真实验设计	23	贾祎超	基于RTDS的外环测试系统的实现
8	杨舒婷	基于RTDS的微机保护突变量算法仿真研究	24	胡和那日苏	基于RTDS的变压器电气保护的实现
9	康永亮	基于RTDS的减少过渡电阻影响方法的仿真研究	25	胡日查	基于RTDS的配电网广域检测系统仿真
10	王创田	基于RTDS的阻抗继电器按相补偿方法仿真研究	26	张家璇	Buck-Boost变换器的RTDS仿真
11	韩孟霞	基于RTDS的微电网仿真分析	27	刘宏欢	光伏发电用BOOST变换器的RTDS仿真
12	武德钦	基于RTDS励磁控制系统对电力系统动态稳定性的影响	28	张浩	异步电动机VVVF控制RTDS仿真
13	柴红萌	基于RTDS励磁控制系统对电力系统静态稳定性的影响	29	张宇琦	基于RTDS的微电网暂态电压稳定仿真分析
14	李琢璐	永磁同步风电机组机侧变换器仿真实验设计	30	韩伟	Buck变换器的RTDS仿真
15	乌日嘎	基于RTDS的电力系统暂态稳定分析及仿真	31	刘新超	基于RTDS的电力系统次同步谐振仿真分析
16	苏日立格	基于RTDS的动态电压恢复器的仿真研究	32	文君	永磁同步风电机组机侧变换器的RTDS仿真

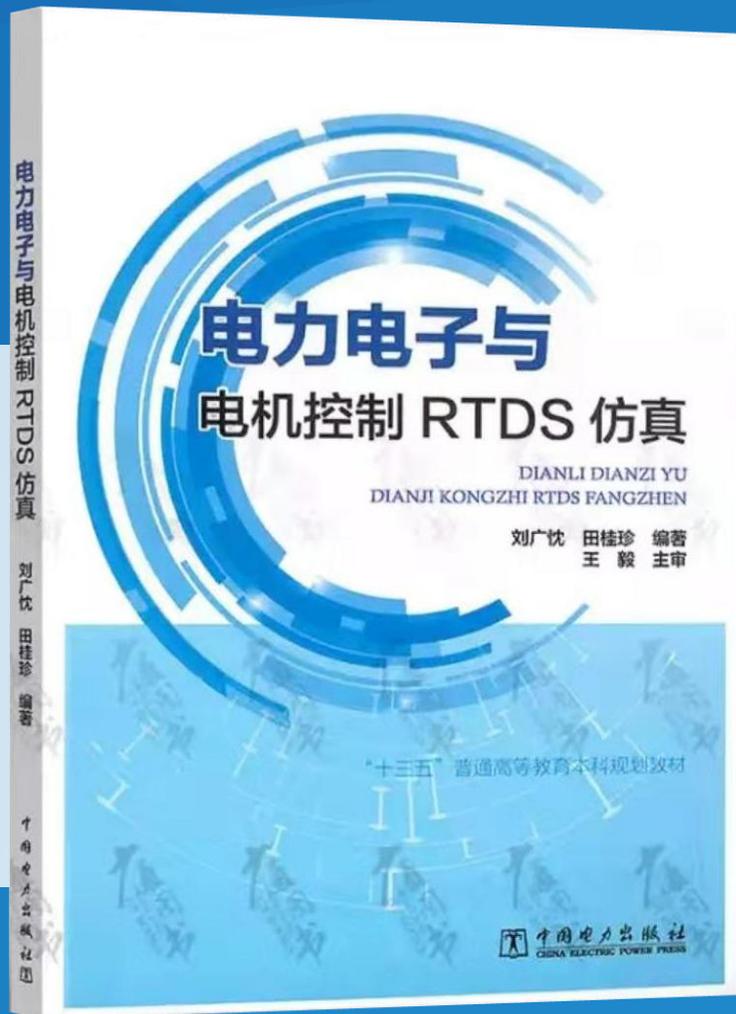
序号	姓名	学位论文题目
1	王维栋	基于RTDS的智能化变电站保护测试系统研究
2	蔡文超	风光同场系统联络线继电保护特殊性问题研究
3	李超	含有风电场进线的某220kV变电站保护性能评估
4	李乐	基于RTDS的光储系统应用研究
5	李培培	基于RTDS的柔性直流输电功率控制策略研究
6	张志平	平抑风电波动的混合储能系统容量配置及控制策略研究
7	李敏学	孤岛模式下光储直流微电网协调控制策略的研究
8	张祺	风电场电磁暂态等值建模及仿真分析
9	暴焱	基于虚拟同步发电机的光伏微网控制策略研究
10	金乐	500kV输电线路短路故障融合辨识方法研究
11	宋杰辉	含双馈风场进线的220kV智能变电站母线保护性能研究

4

# 书的主要内容 简介



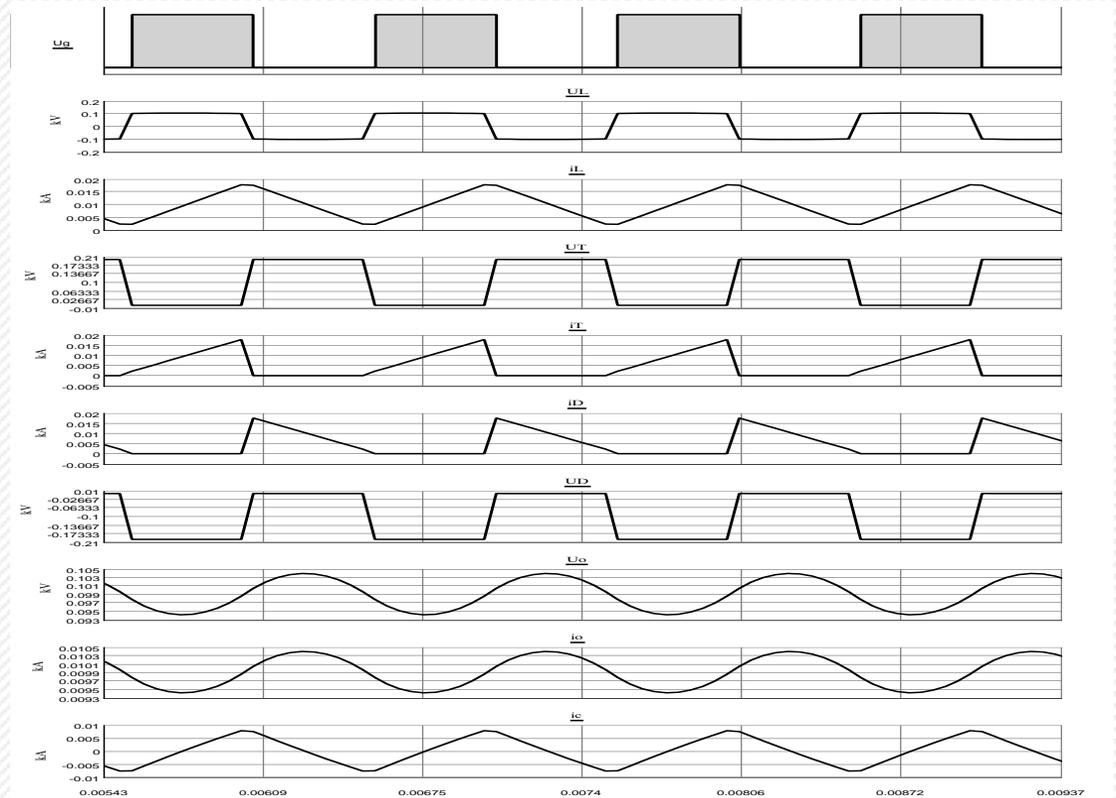
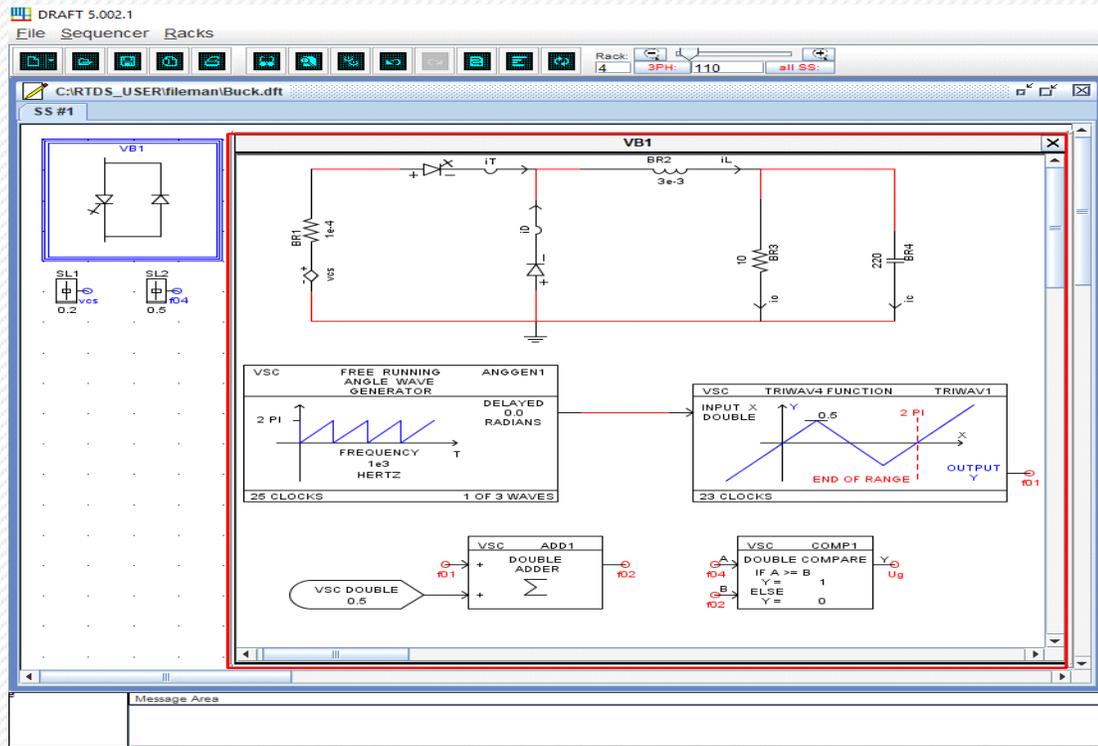
# 主要内容简介



1. RTDSTM仿真系统概述
2. RTDS小步长仿真
3. 基于RTDS的电力电子电路仿真
4. 基于RTDS的直流电机控制系统仿真
5. 基于RTDS的交流电机控制系统仿真
6. RTDS在风力发电仿真分析中的应用

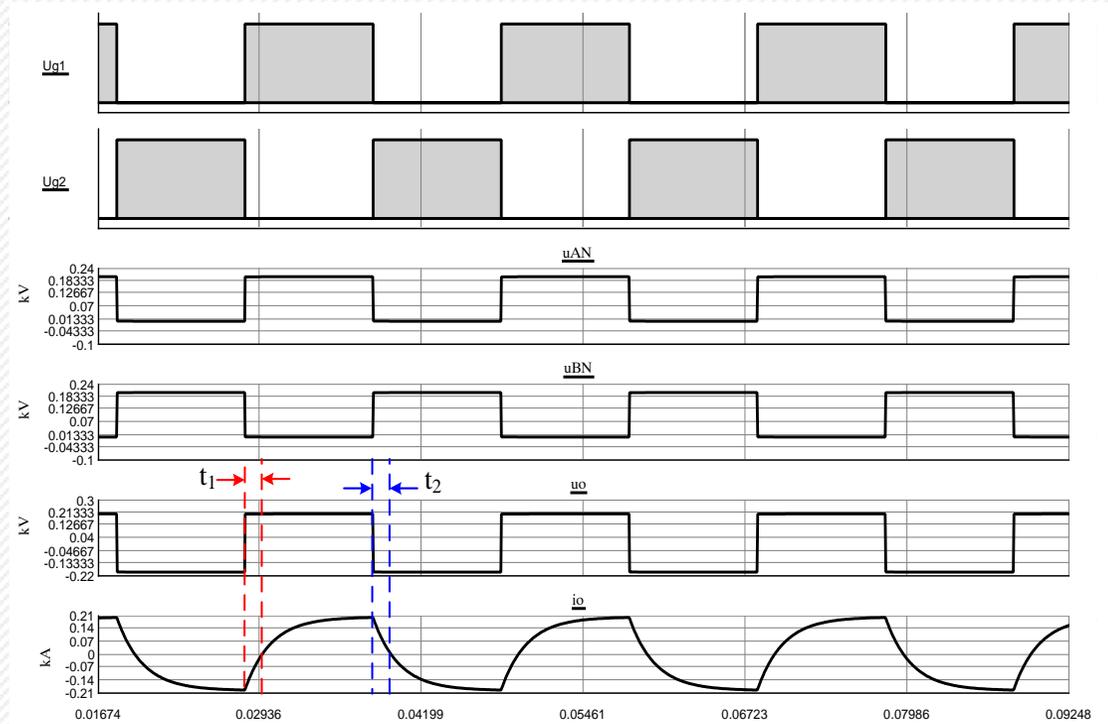
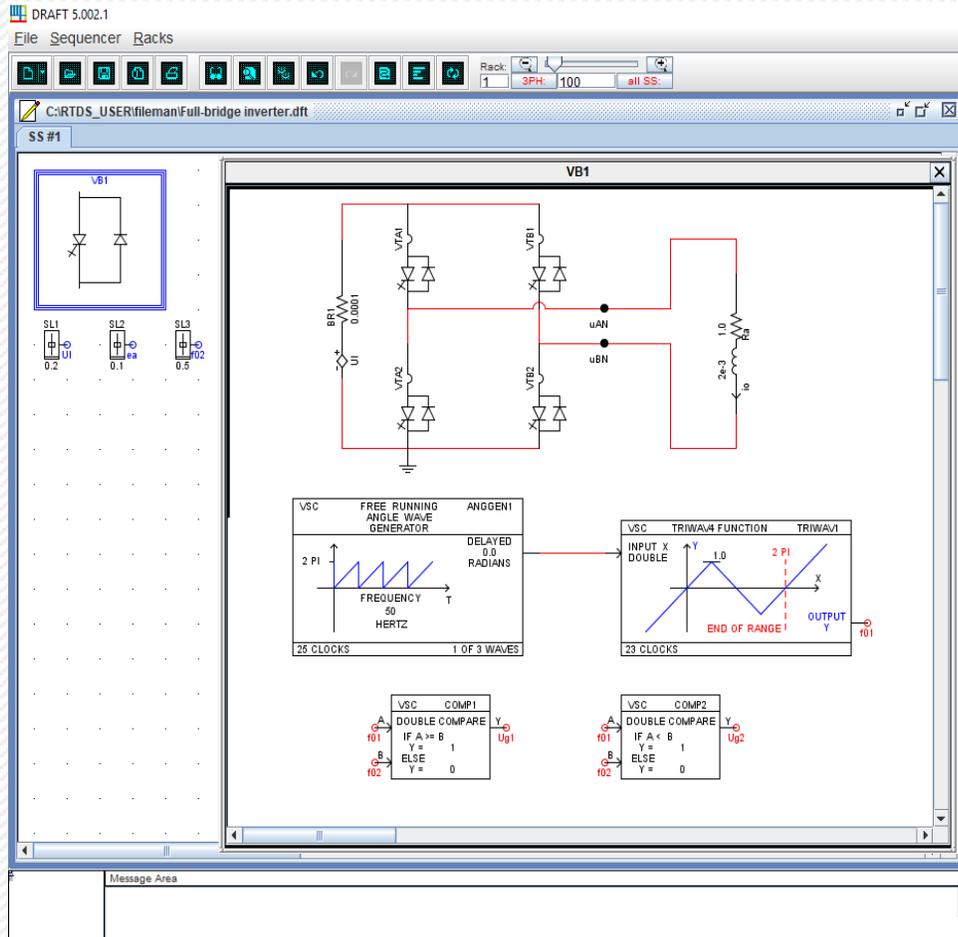
# 4.1 基于RTDS的电力电子电路仿真

DC/DC、DC/AC、AC/DC、AC/AC



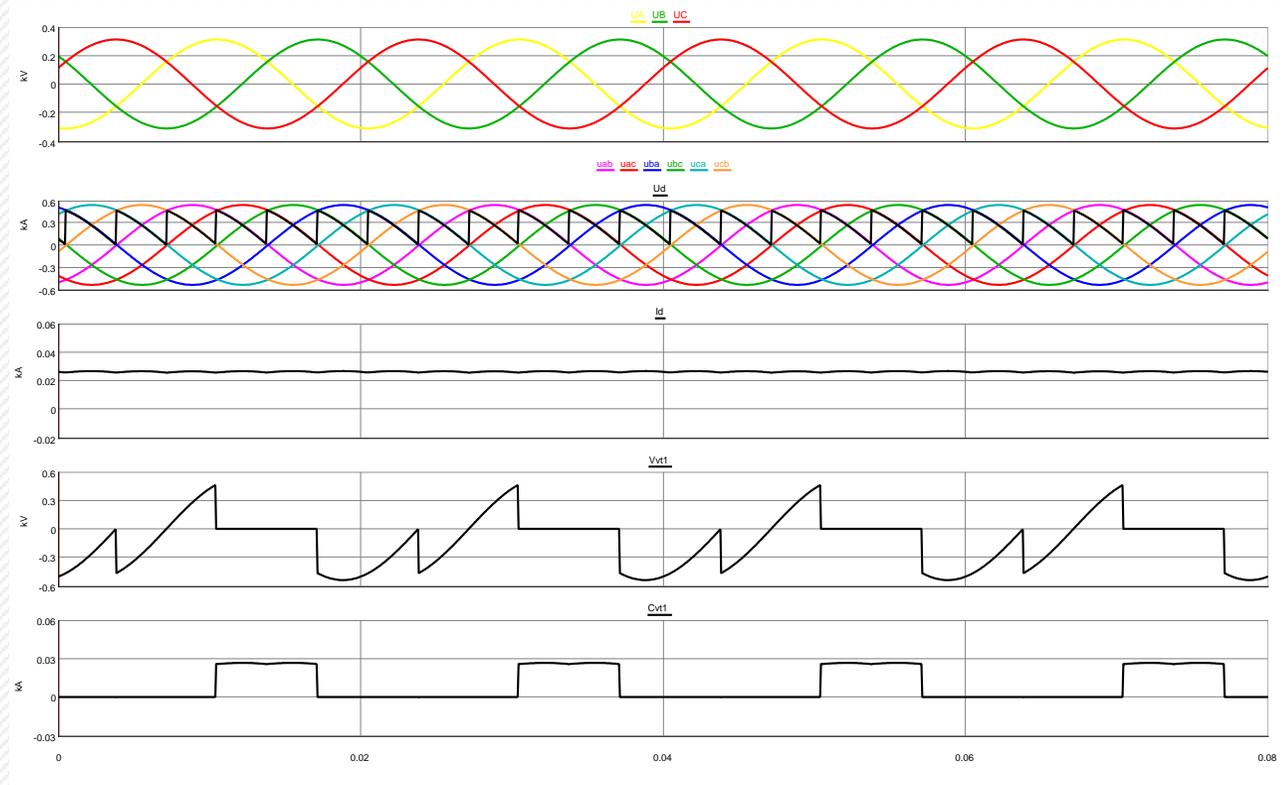
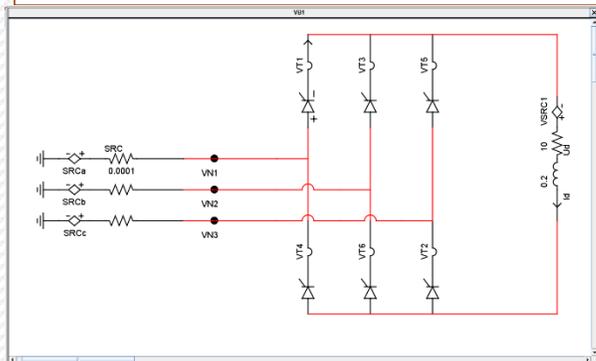
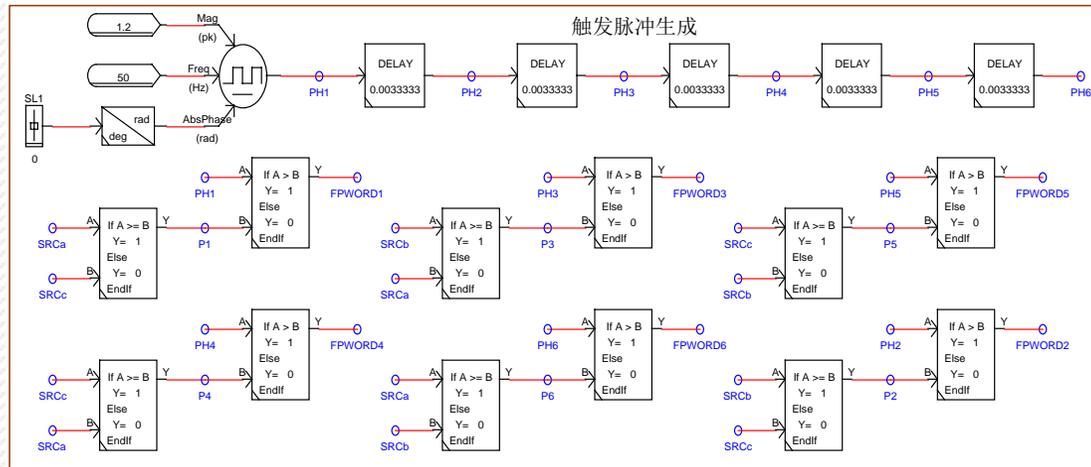
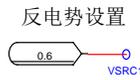
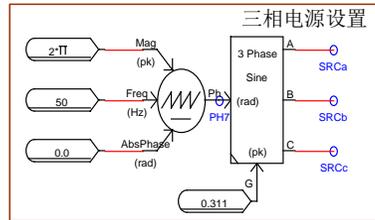
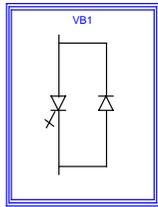
Buck变换器

# 4.1 基于RTDS的电力电子电路仿真



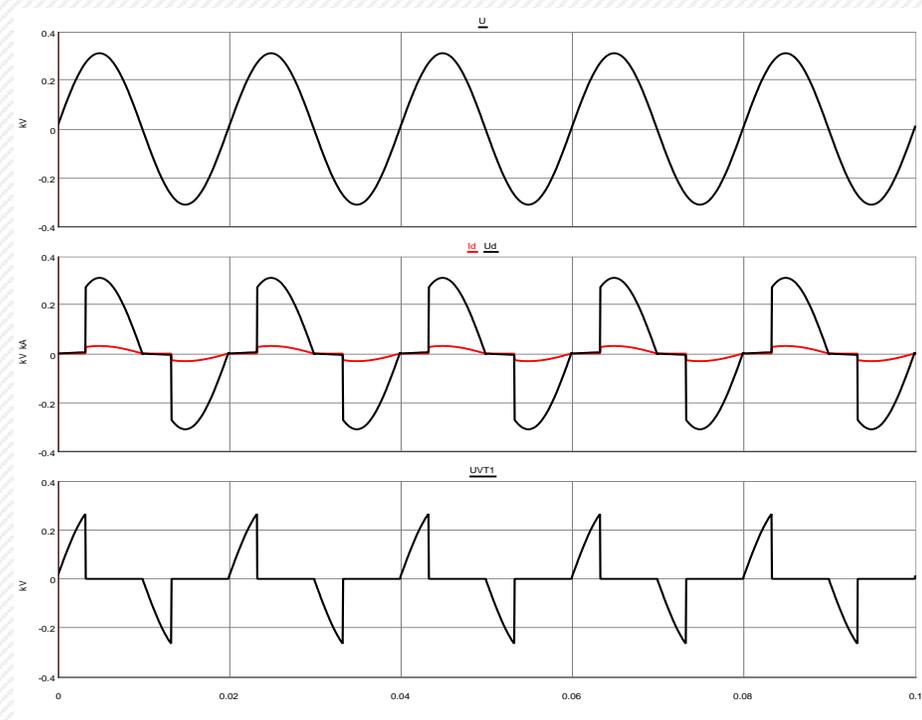
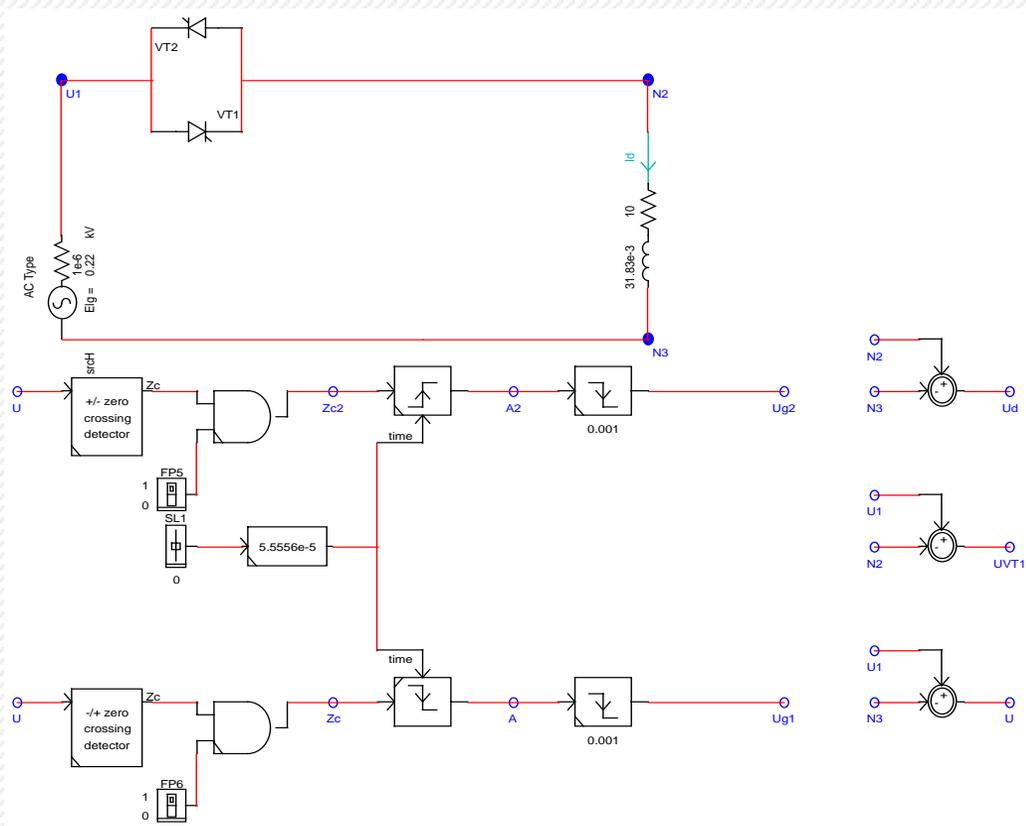
DC/AC变换器

# 4.1 基于RTDS的电力电子电路仿真



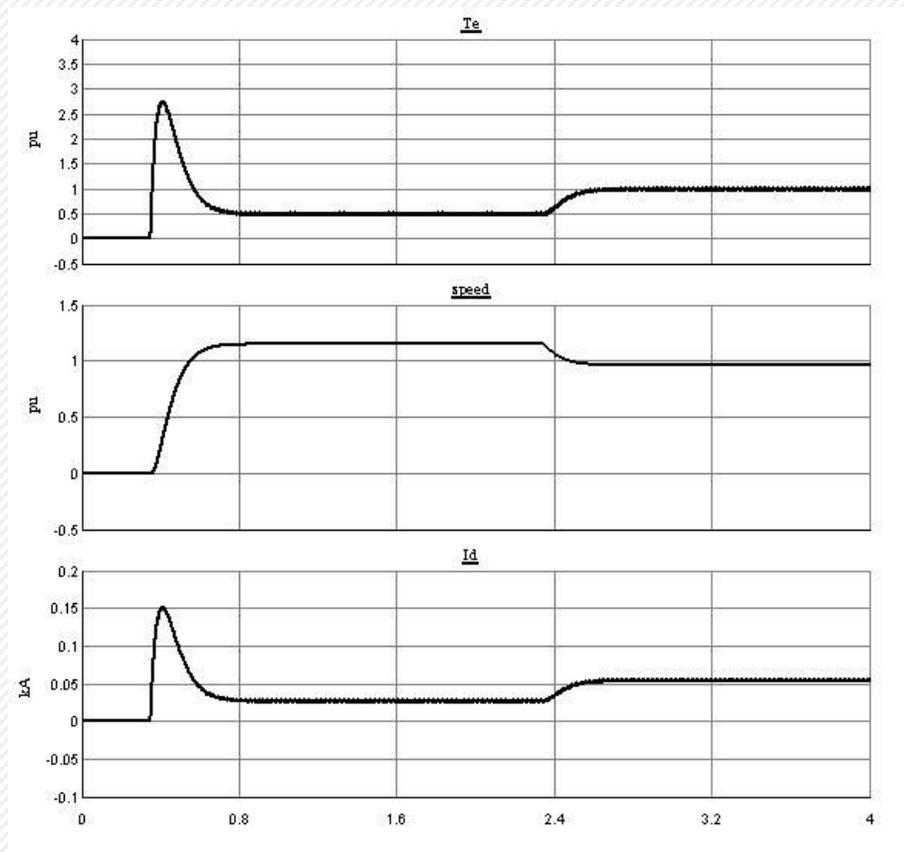
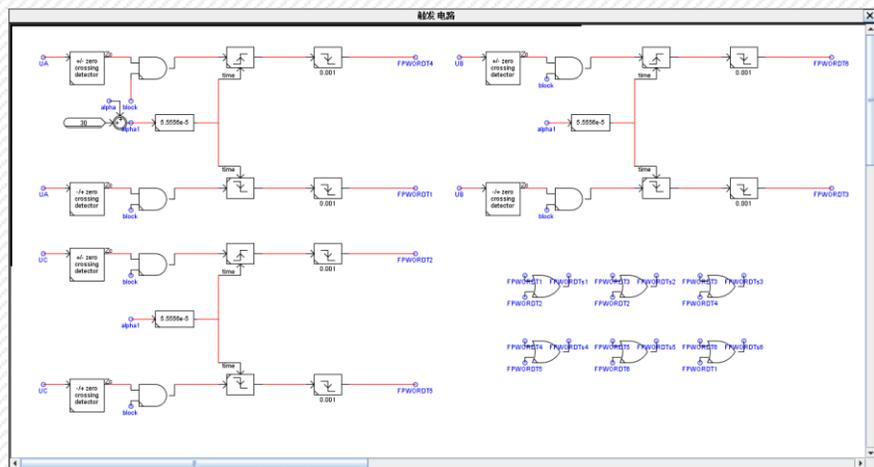
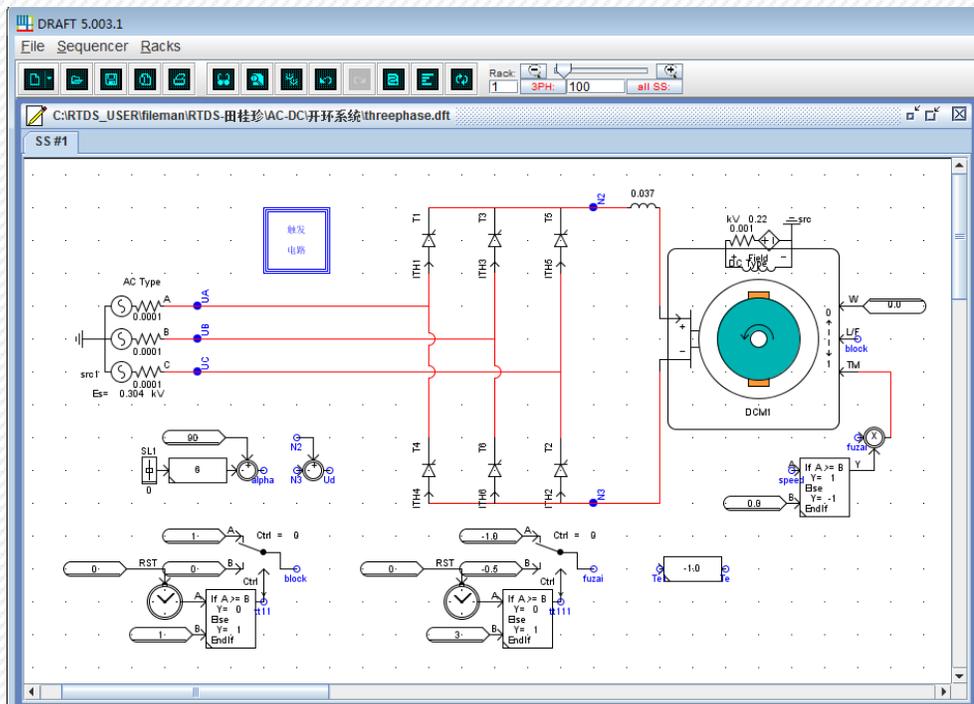
AC/DC变换器

# 4.1 基于RTDS的电力电子电路仿真



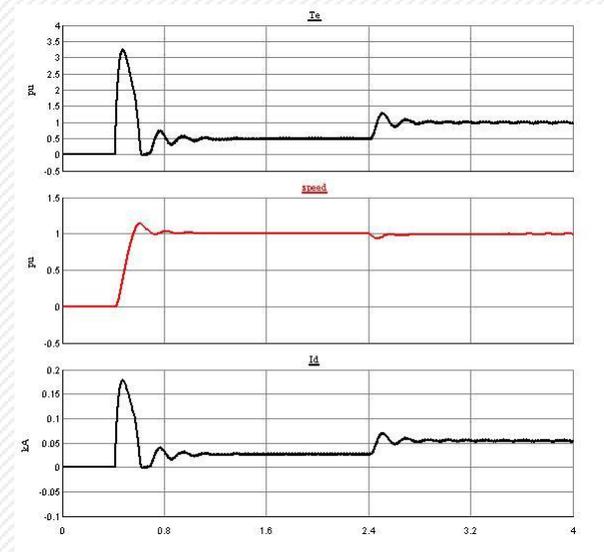
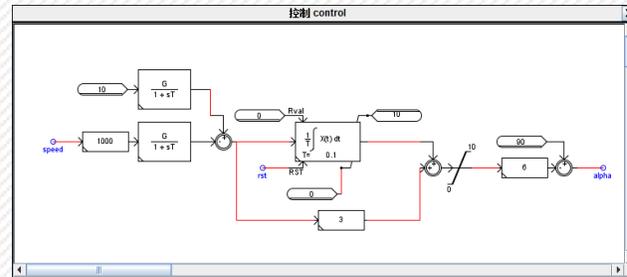
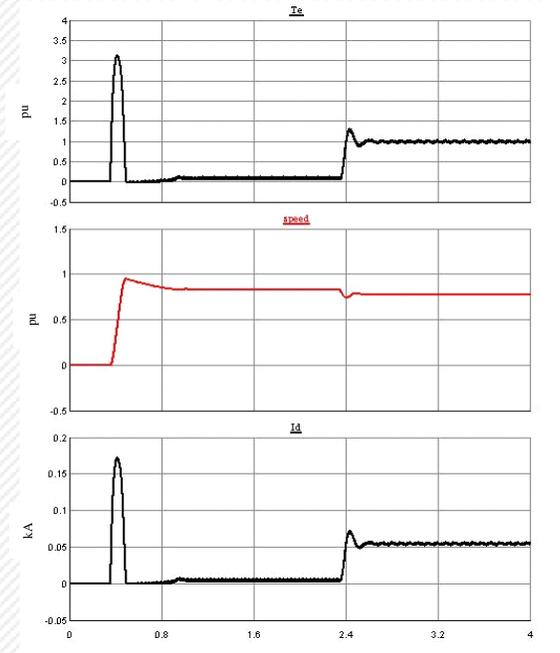
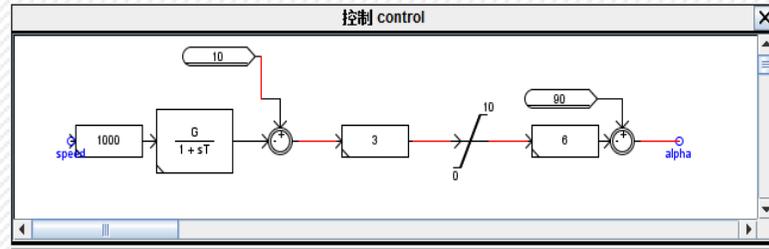
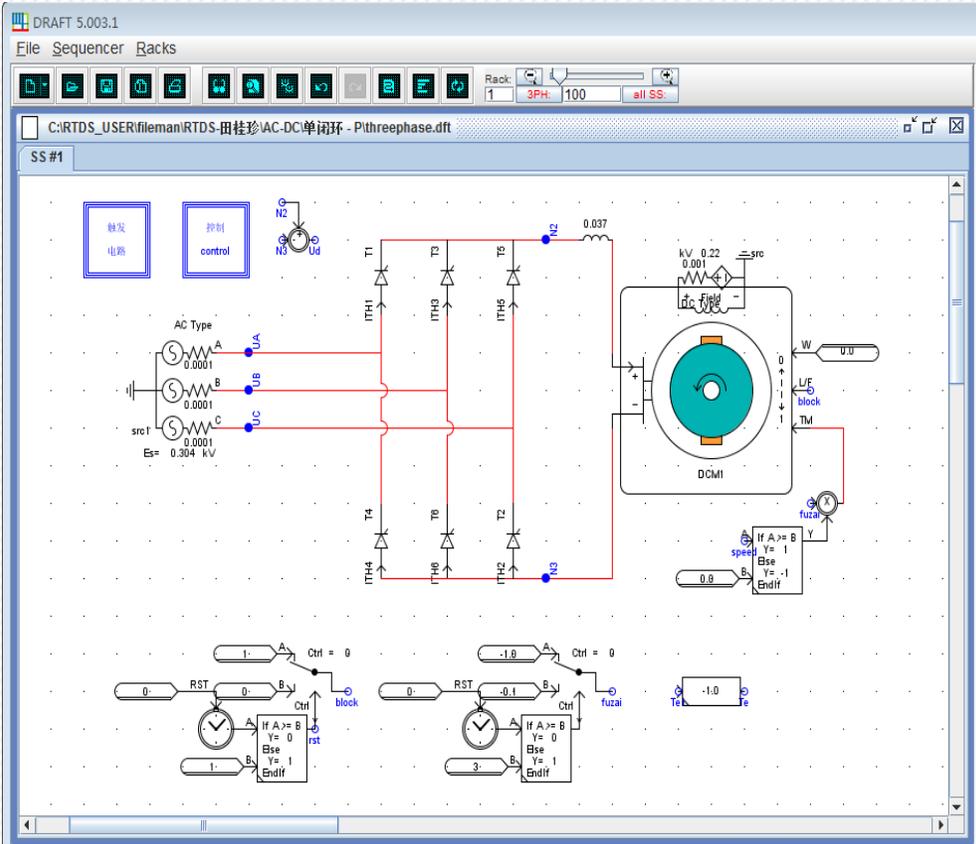
AC/AC变换器

## 4.2 基于RTDS的直流电机控制系统仿真



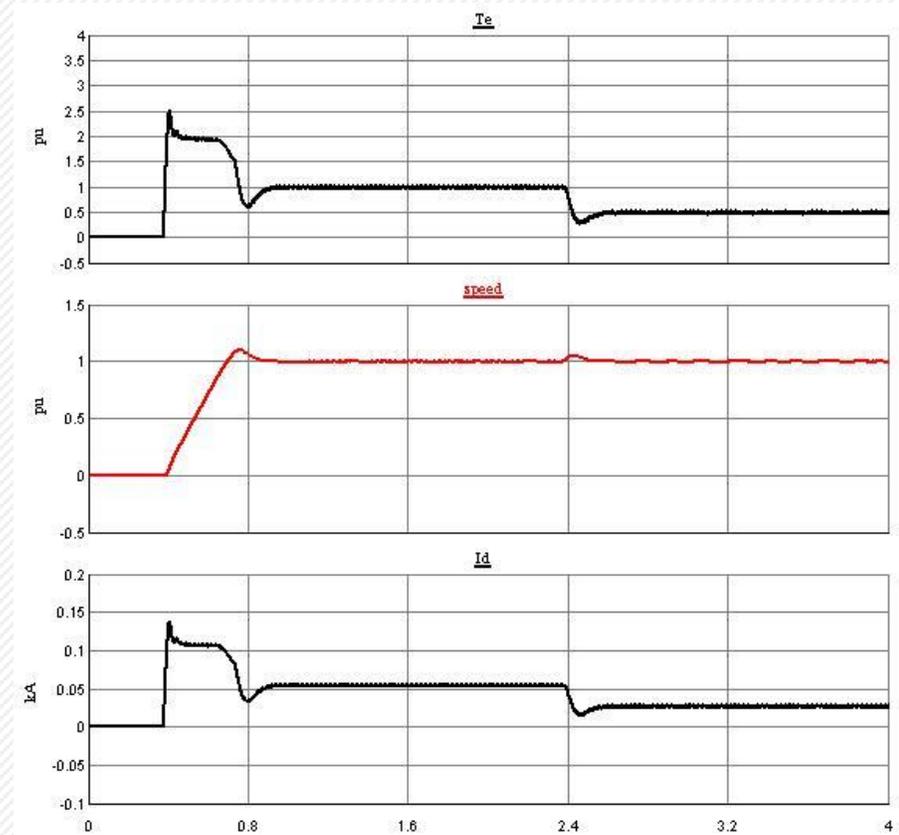
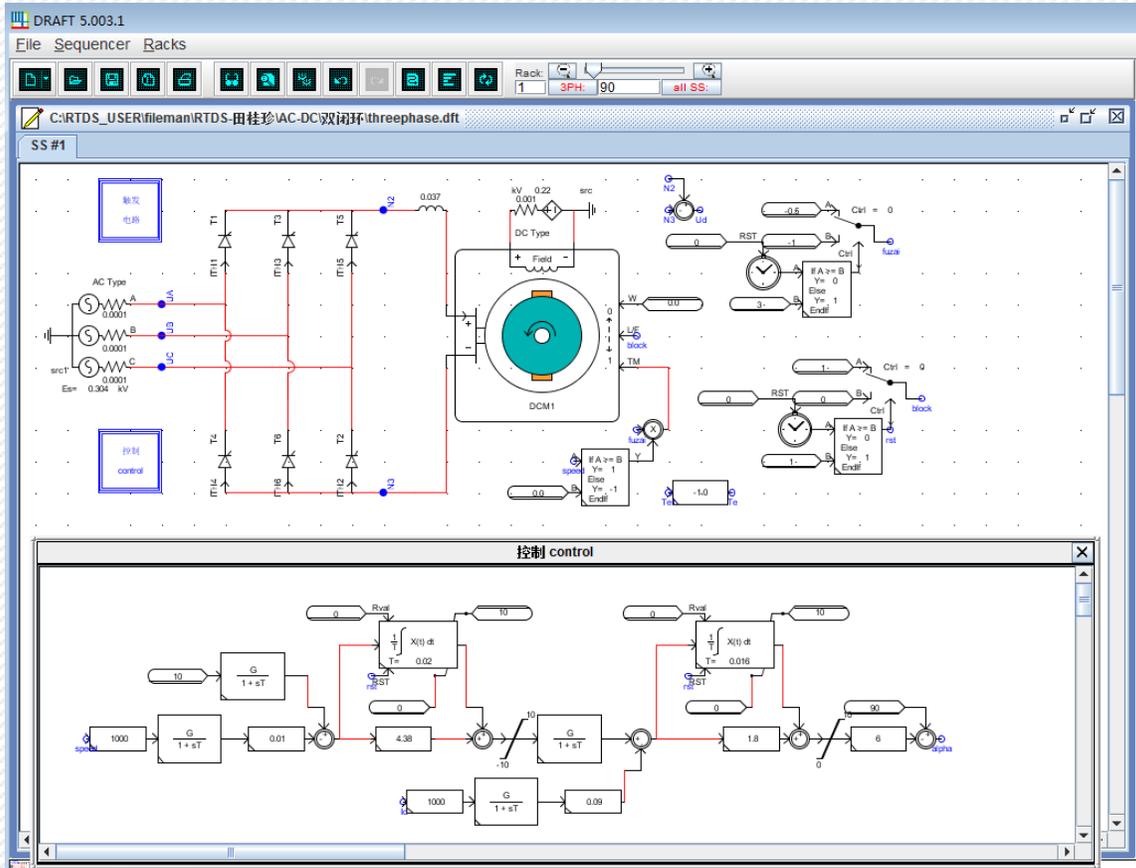
晶闸管-直流电动机开环调速系统仿真

# 4.2 基于RTDS的直流电机控制系统仿真



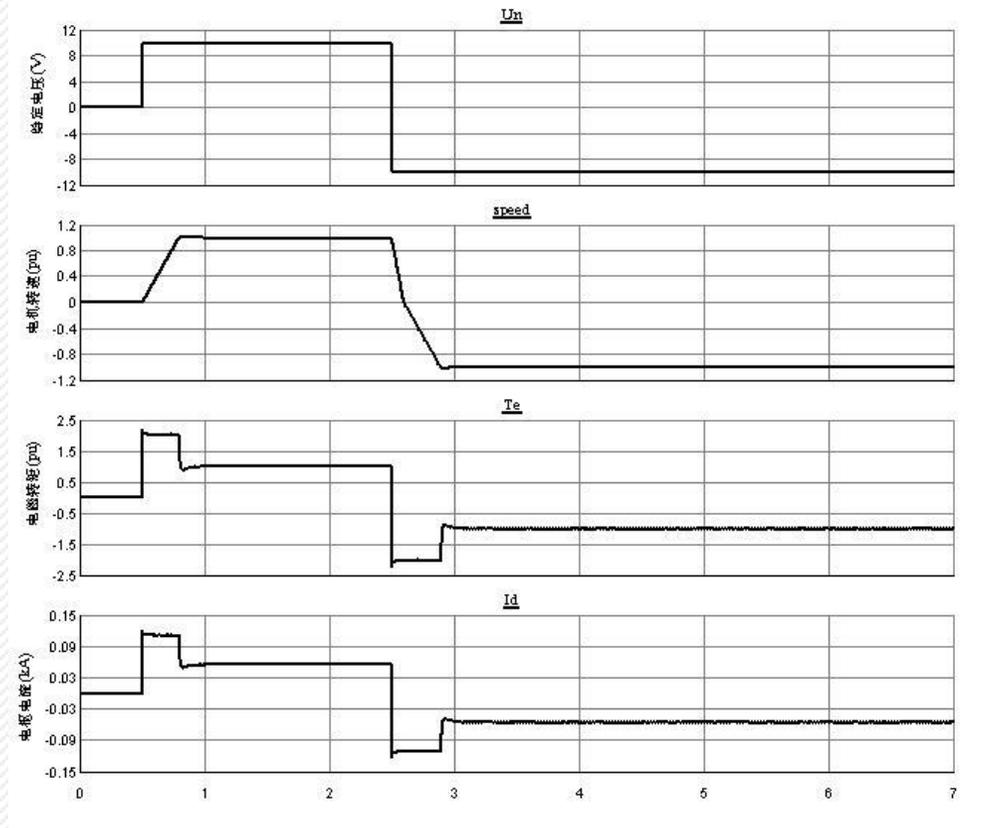
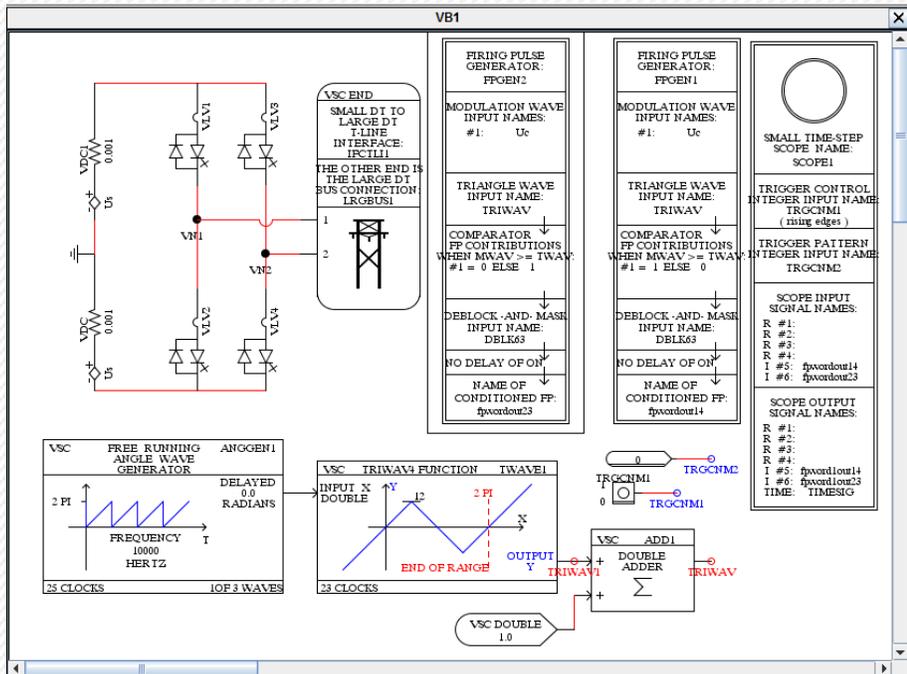
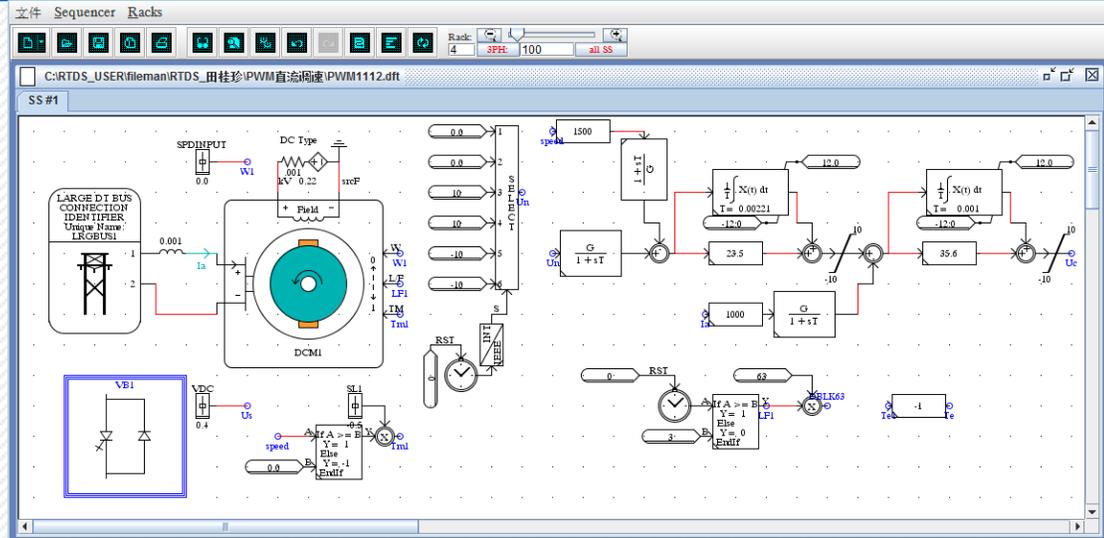
转速反馈控制直流调速系统仿真  
(书中P160 图4-18应为比例积分调节器的仿真波形)

## 4.2 基于RTDS的直流电机控制系统仿真



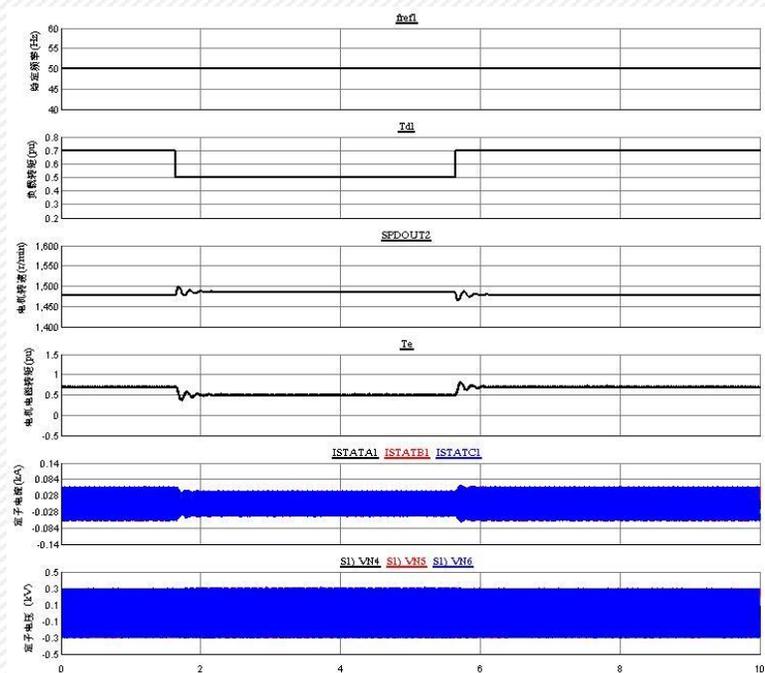
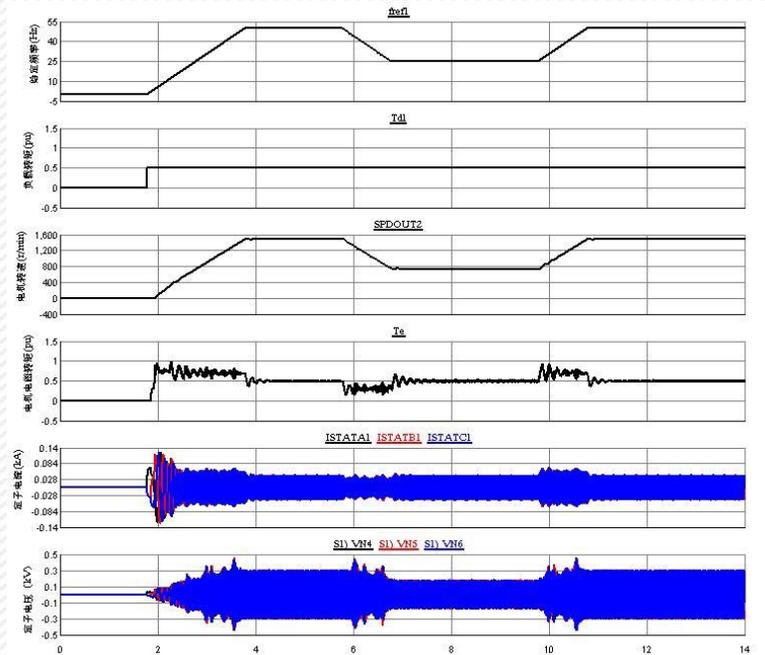
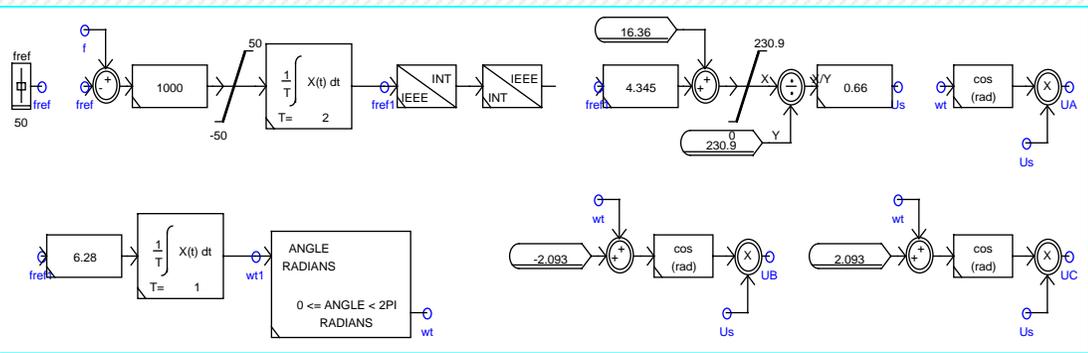
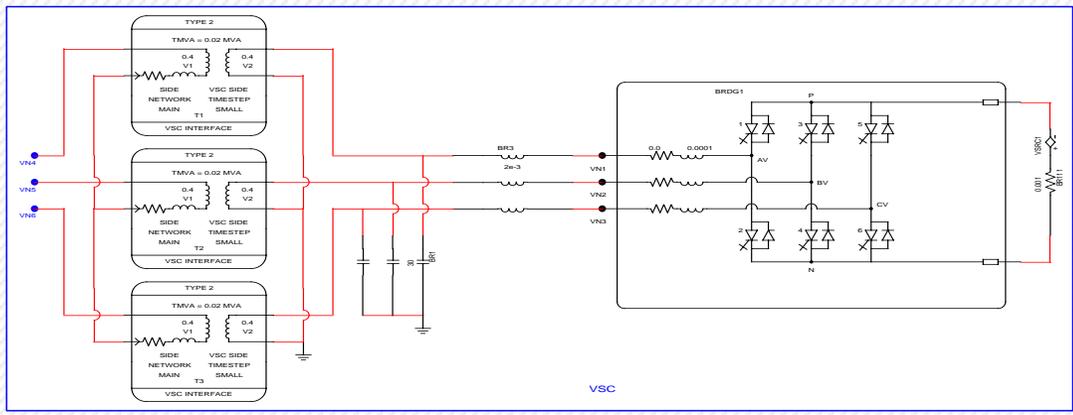
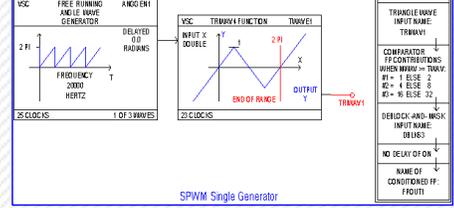
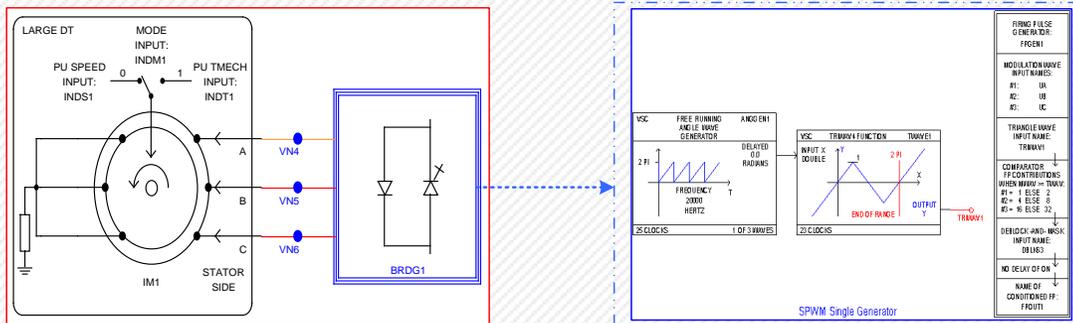
转速、电流反馈控制直流调速系统仿真

# 4.2 基于RTDS的直流电机控制系统仿真



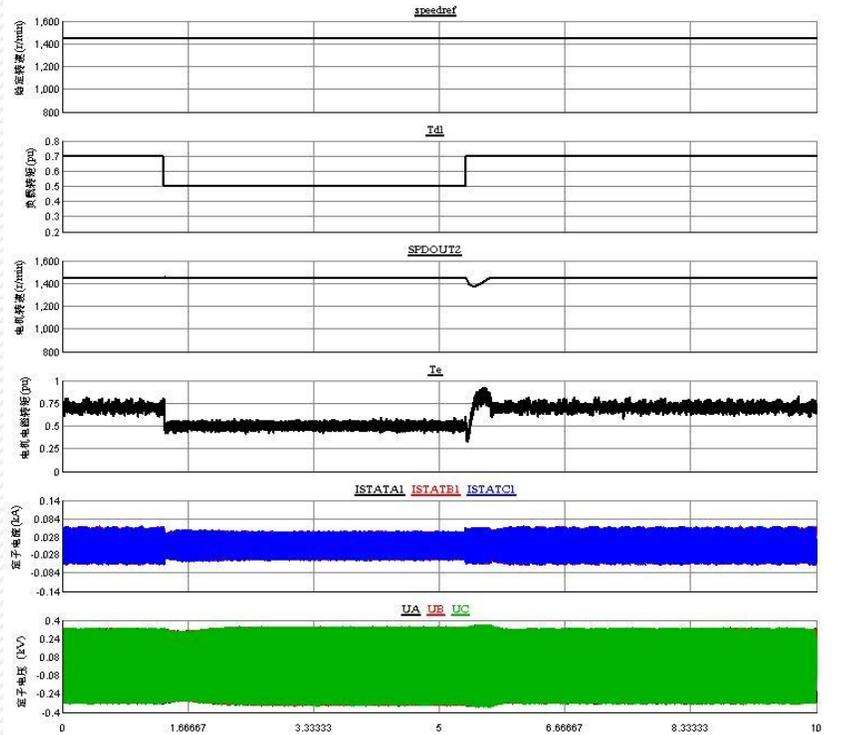
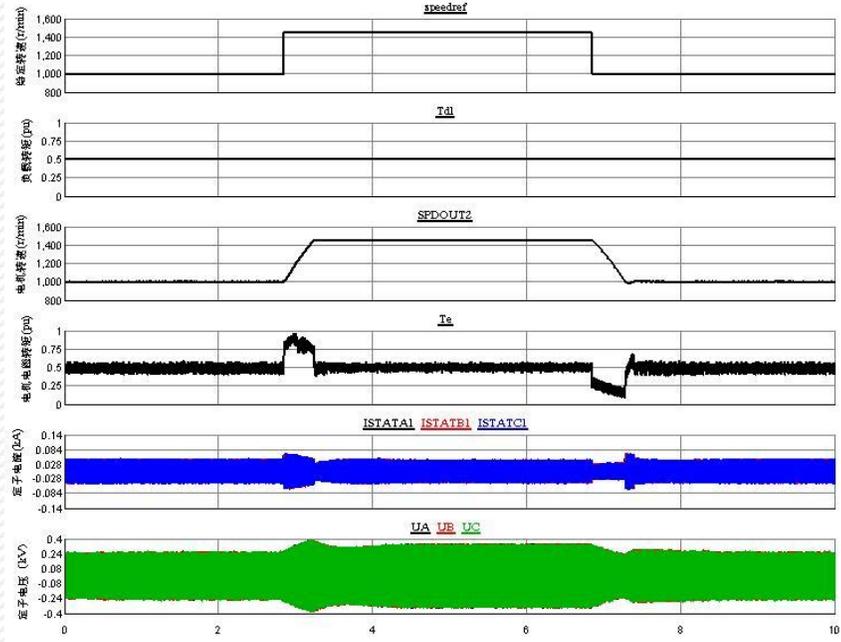
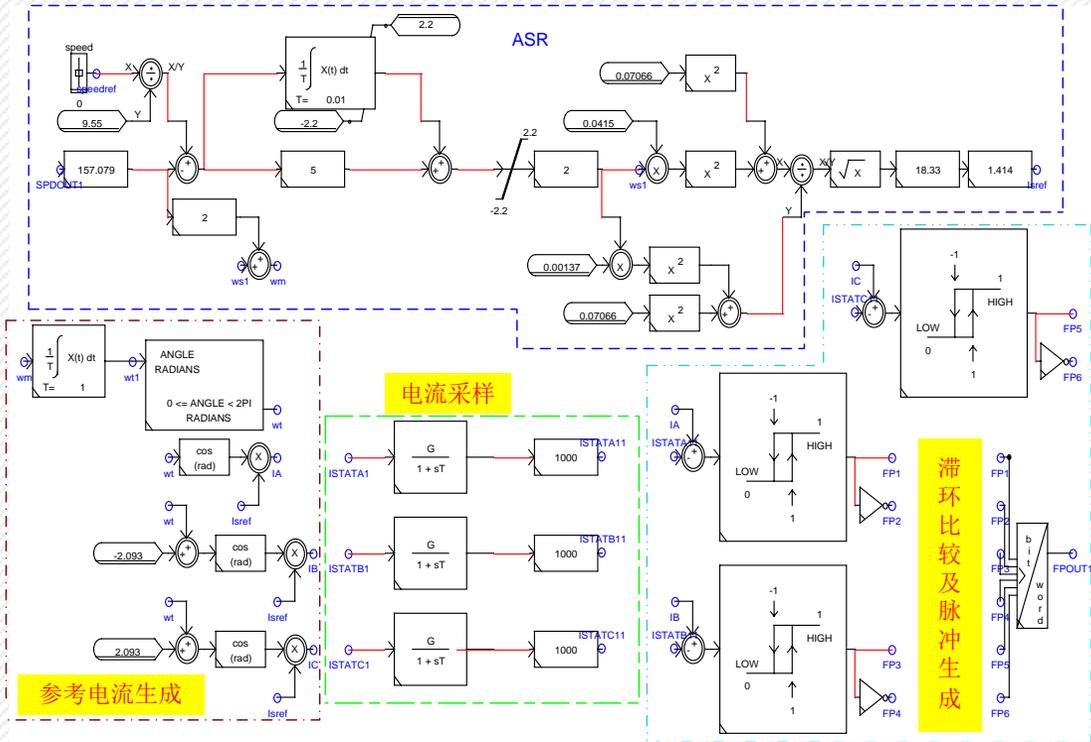
PWM可逆直流调速系统仿真

# 4.3 基于RTDS的交流电机控制系统仿真



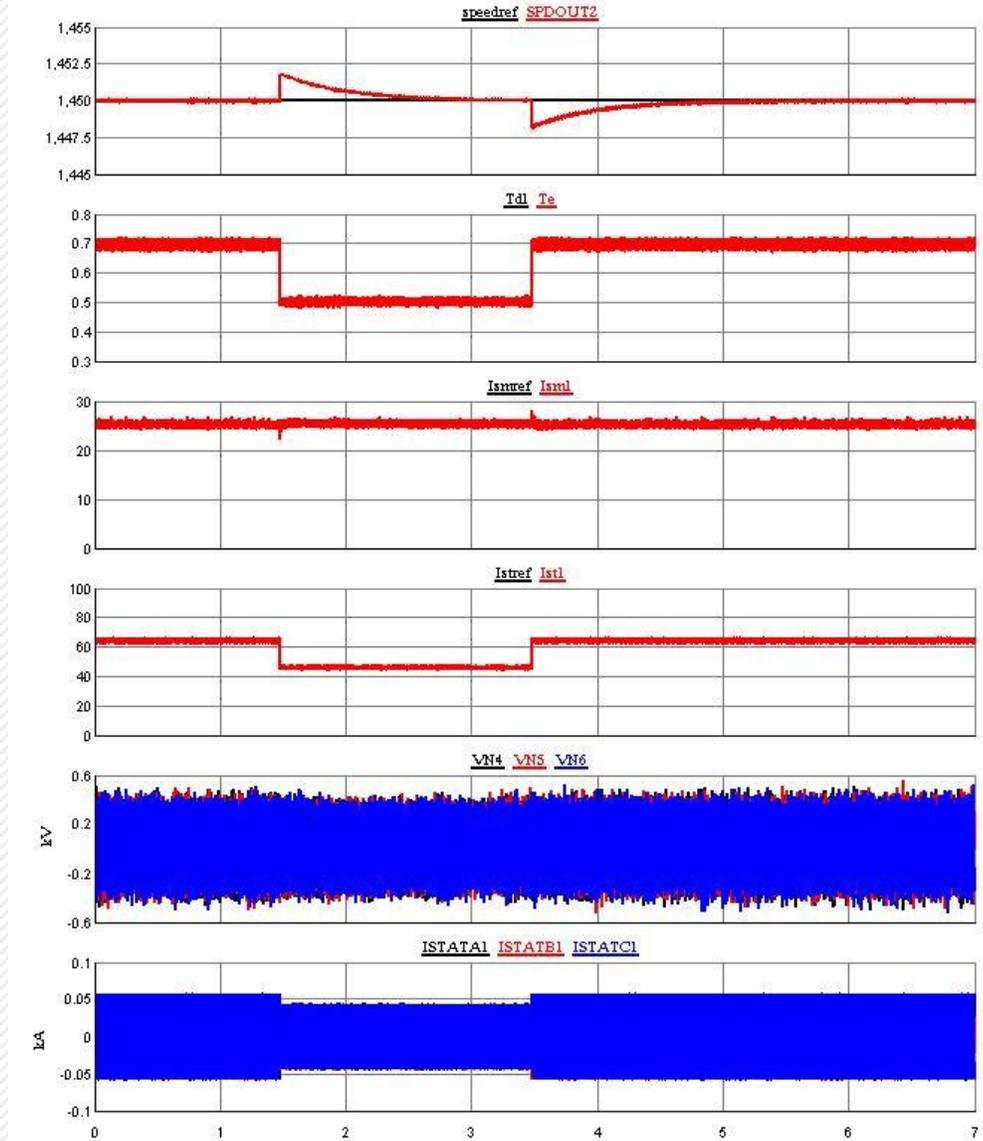
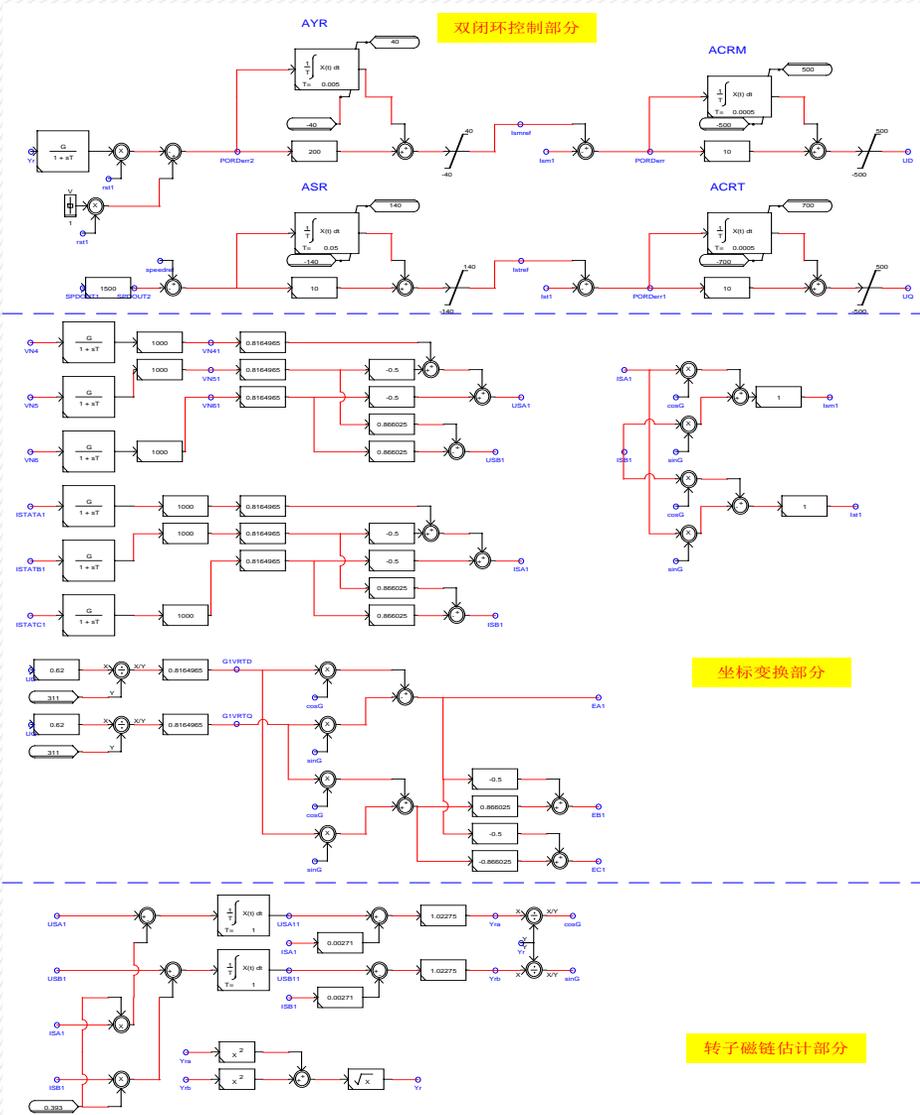
异步电动机VVVF控制仿真

# 4.3 基于RTDS的交流电机控制系统仿真



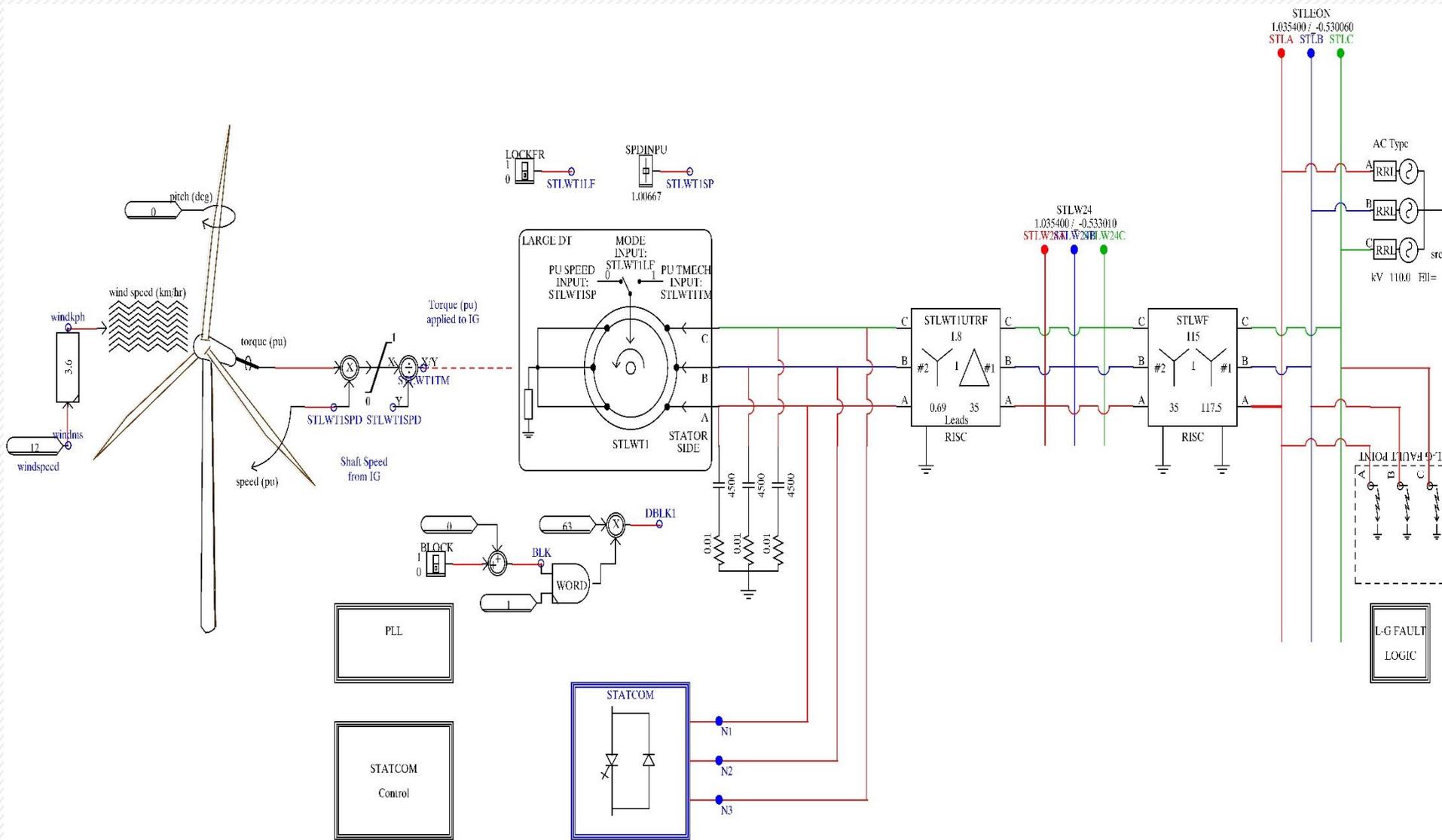
异步电动机转差频率控制仿真

# 4.3 基于RTDS的交流电机控制系统仿真



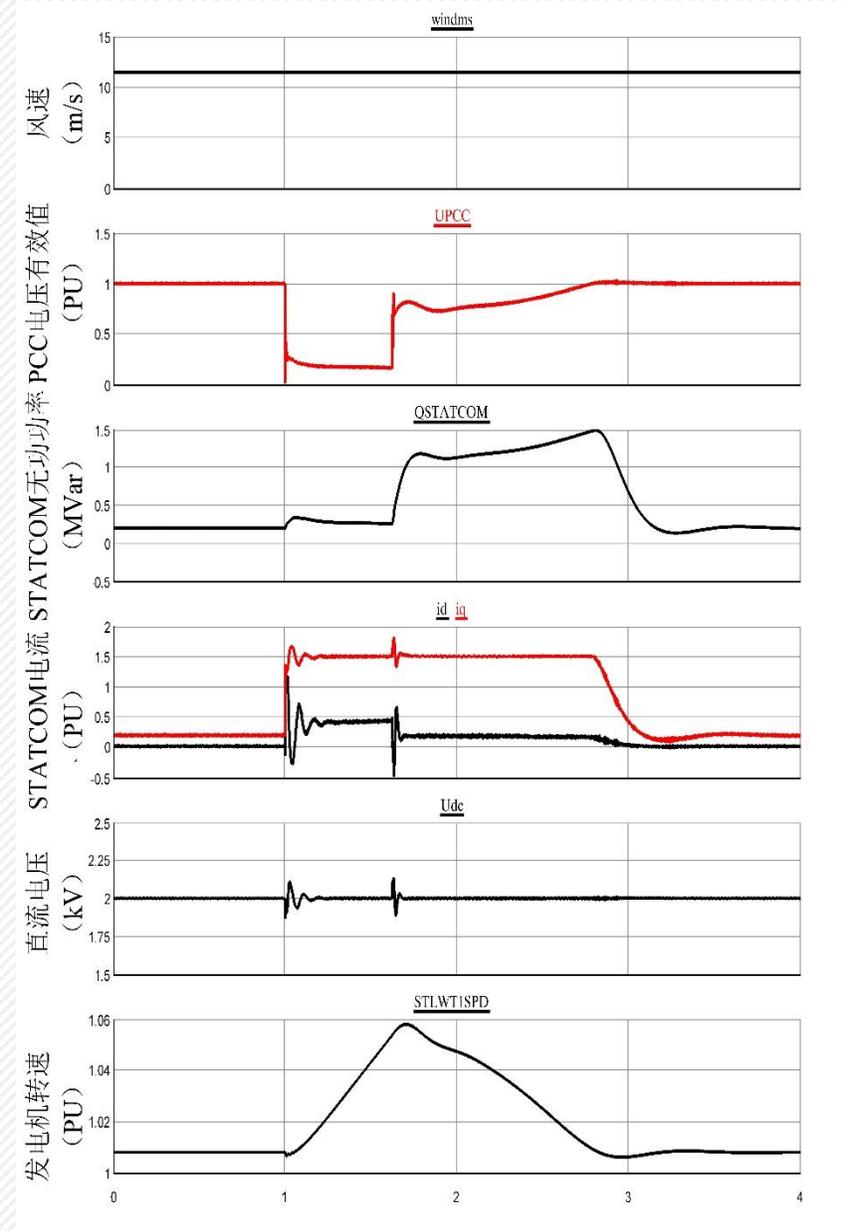
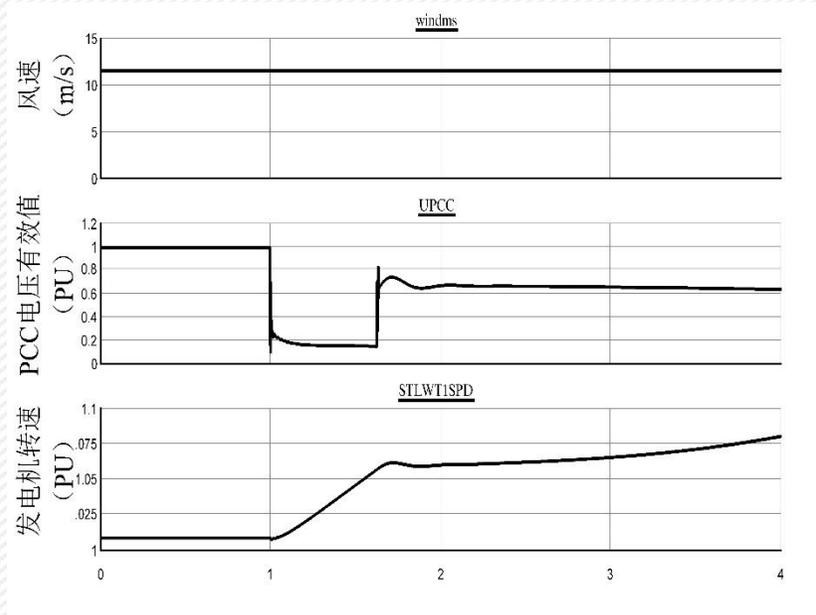
异步电动机转子磁链定向矢量控制系统仿真

# 4.4 RTDS在风力发电仿真分析中的应用



STATCOM改善鼠笼式风力发电机组性能的RTDS仿真

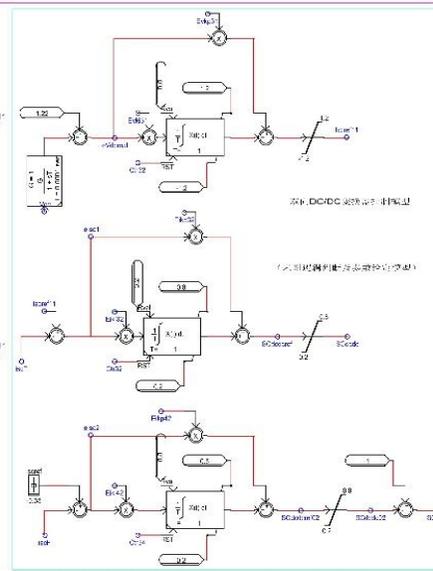
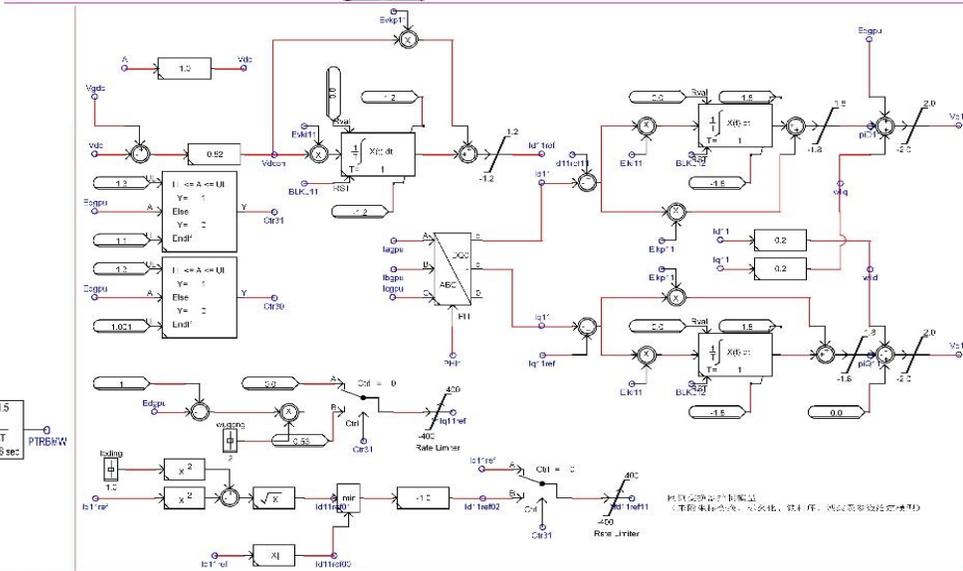
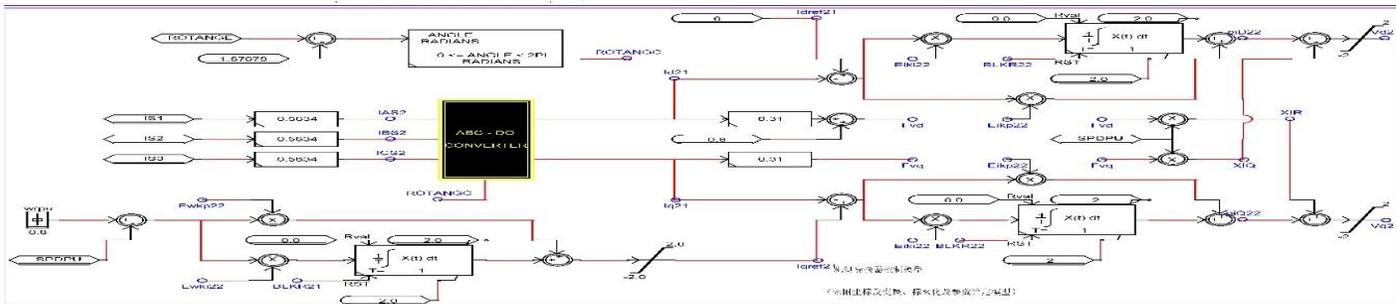
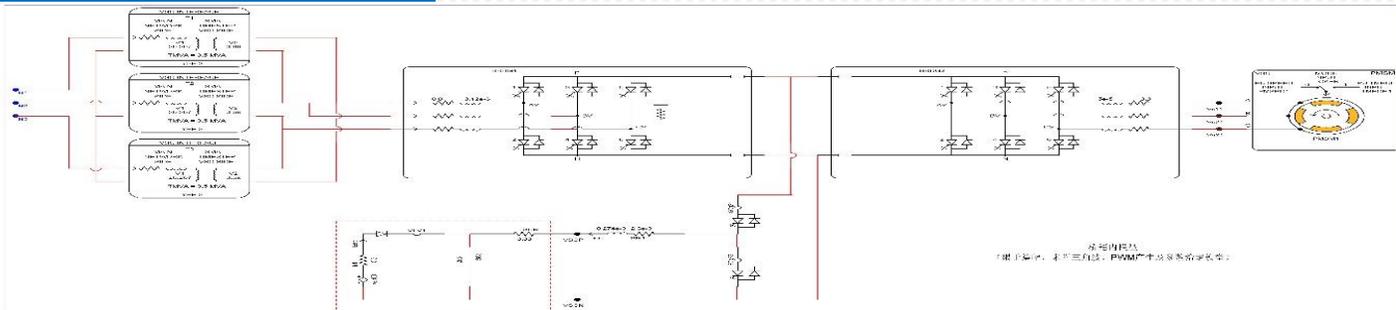
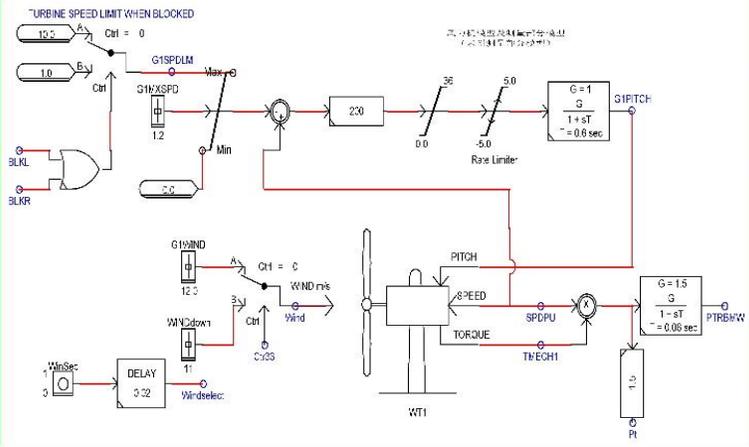
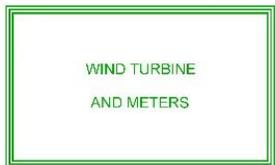
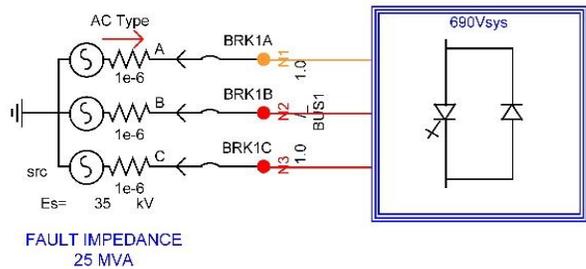
## 4.4 RTDS在风力发电仿真分析中的应用



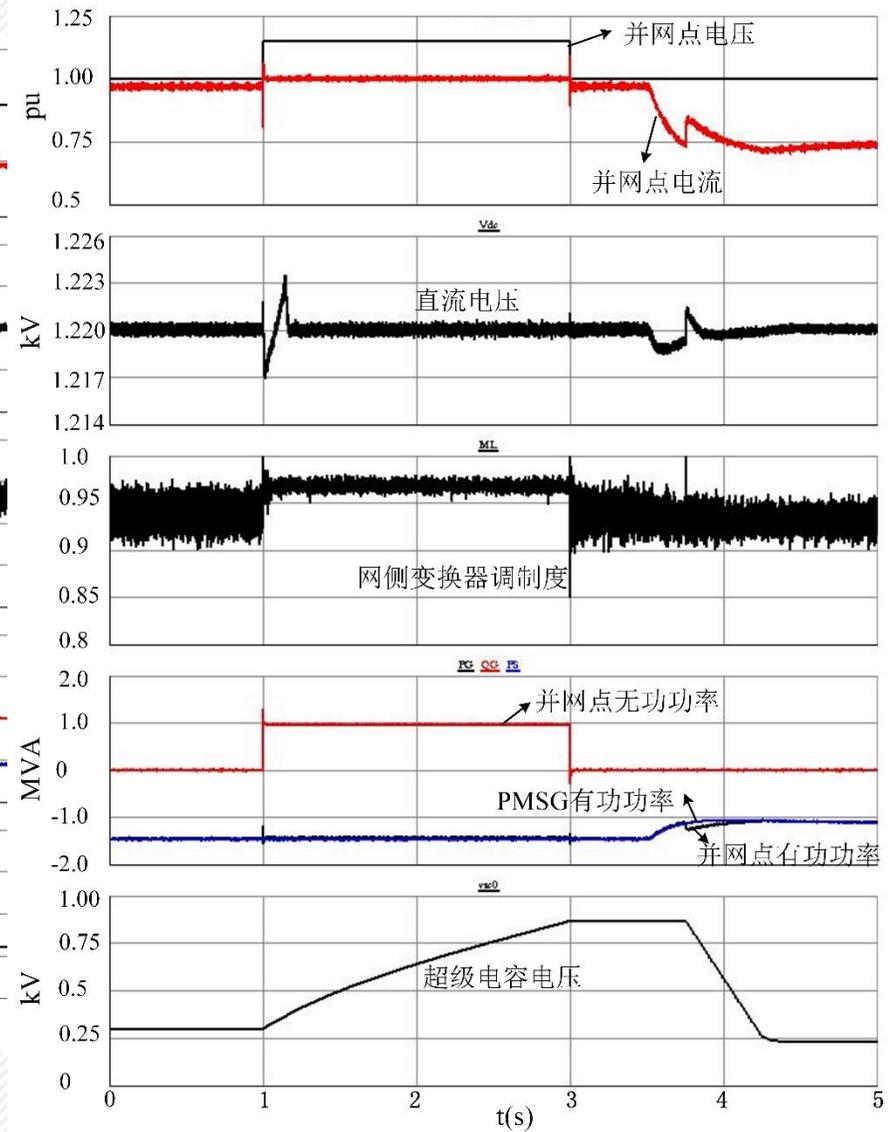
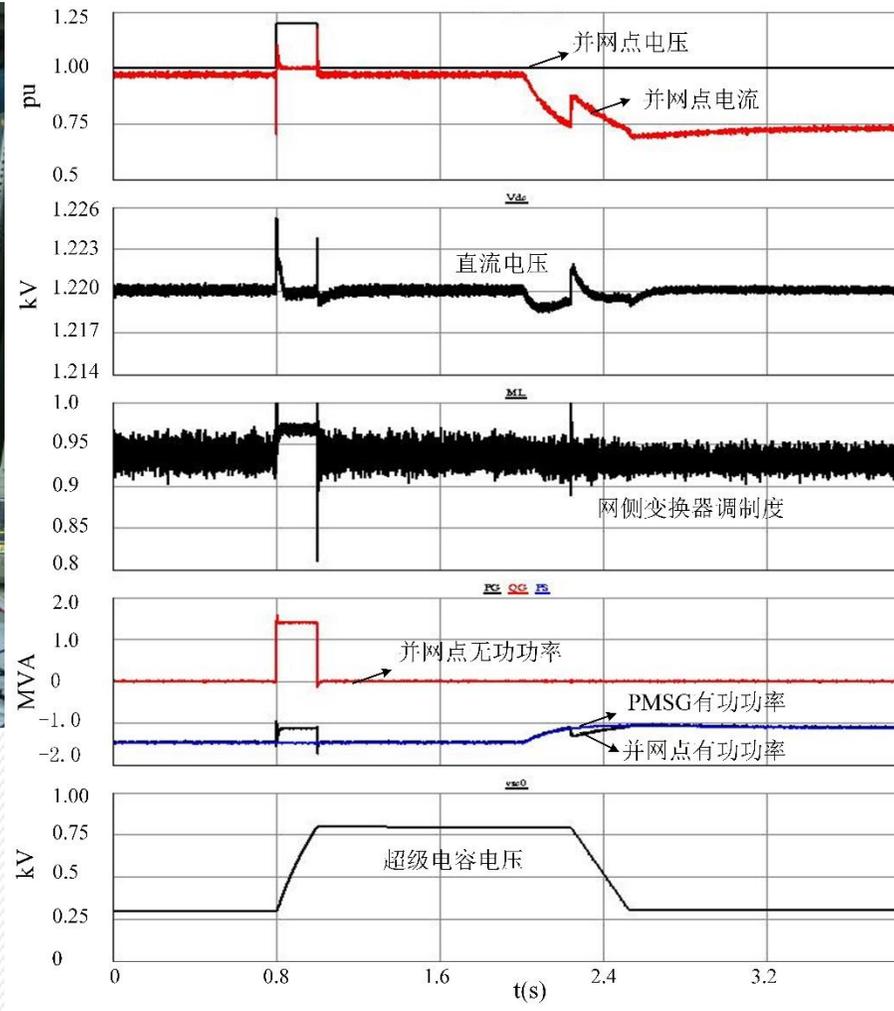
STATCOM改善鼠笼式风力发电机组性能的RTDS仿真

# 4.4 RTDS在风力发电仿真分析中的应用

永磁  
风电  
机组  
HVRT



# 4.4 RTDS在风力发电仿真分析中的应用



采用超级电容  
的永磁同步风  
电机组高电压  
穿越控制仿真

# 谢谢大家!

## 刘广忱

liugc@imut.edu.cn

18604886696

内蒙古呼和浩特市金川开发区内蒙古工业大学

电力学院 010081

