



求同电气

# 电力电子教学科研解决方案

河南求同电气科技有限公司

[www.qtdq.com.cn](http://www.qtdq.com.cn)

# 目录

## 一、公司简介

## 二、校企合作

## 三、教学科研产品

- 1.开放式电能变换与控制技术开发平台
- 2.微电网开放式开发平台
- 3.模块化多电平柔性直流输电实验系统
- 4.积木式电力电子技术开发系统
- 5.新能源车工况模拟系统

## 一、公司简介

河南求同电气科技有限公司是一家技术驱动的创新型公司，奉行天下为公的理念，坚信科技能让世界更美好，努力为客户提供质量可靠、性能卓越的产品和诚恳专业的服务。

重视产学研的深度融合，一方面将重大工程领域中的先进装备和技术定向开发使之适合高校教学与科研，另一方面联合高校共同进行技术攻关解决工程难题。教学科研类的产品有积木式电力电子技术开发平台、开放式电能变换与控制技术开发平台、模块化多电平柔性直流输电实验系统和微电网开放式科研平台等。



新能源车工况模拟系统



微电网开放式科研平台



模块化多电平柔性直流输电系统<sub>3</sub>

## 二、校企合作

### 1、教学科研实验室建设

提供本科教学、研究生和老师科研的电力电子、电机拖动、电能变换、微电网、新能源发电、新型电力系统、柔性直流输电等领域的实验室建设方案。

### 2、实习实训解决方案

以完整的模块化变流器为实训对象，力求使学生掌握工业变流器的功率硬件设计、嵌入式控制器开发、控制算法原理、采样电路设计以及元器件选型和焊接等。涵盖电力电子、自动控制、模电、数电、电路分析等课程。

### 3、技术成果转化

帮助高校老师技术成果的转化，如市场推广和资金支持等。



微电网实验室



模块化多电平柔性直流输电实验室



大学生实习实训基地



新能源发输变电实验室

# 三、教学科研产品

## 1. 开放式电能变换与控制技术开发平台

### (1) 应用领域

#### ◆ 本/专科教学

电力电子技术、电机拖动、自动控制、数字信号处理

#### ◆ 本/专科课程设计与电子设计竞赛

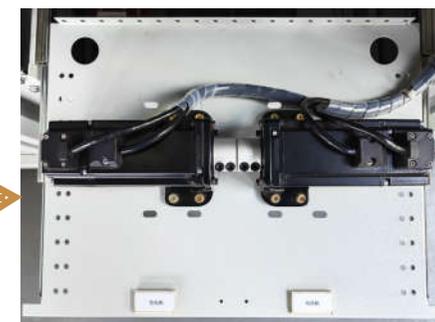
DC/DC变流器、DC/AC变流器设计、开关电源设计、  
新能源发电技术、电机拖动、DSP嵌入式开发

#### ◆ 研究生培养

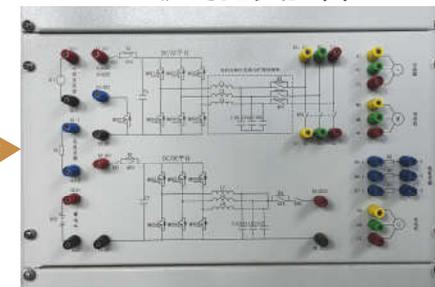
现代电力电子技术、电能变换与控制技术、新能源发电  
技术



模块化变流器



电机对拖实验台

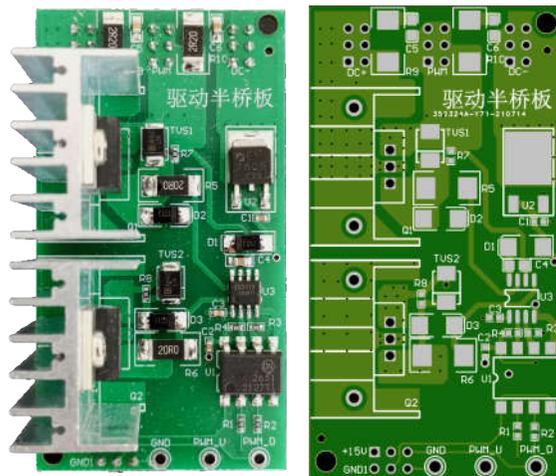


接线拓扑图

## ◆本/专科实习实训

原理图 → PCB板焊接 → 电路板测试  
→ 控制算法实习 → matlab自动代码  
生成 → 系统集成测试 → 完整变流器

- 学生掌握工业变流器的开发全过程
- 学校教学与企业研发无缝对接



PCB板焊接



Simulink模型实习

## (2) 实验项目

晶闸管三相桥式整流实验（触发角控制、电流闭环、电压闭环）、晶闸管三相桥式有源逆变实验、电压采样实验、电流采样实验、驱动半桥实验、DIO控制实验、Buck电路开环、Boost电路开环、三相电压型PWM逆变实验、单相电压型全桥PWM逆变实验、Buck电压电流双闭环控制实验、Boost电压电流双闭环控制实验、三相电压型PWM逆变电路交流电压控制、三相电压型PWM逆变电路PQ（有功无功）控制、三相电压型PWM整流电路直流稳压控制、同步电机旋变零位校正实验、同步电机矢量控制（FOC）、同步电机无速度传感器控制

### (3) 技术特点

- 便于教学

模块化设计、后台界面友好、安全可靠

- 适合科研

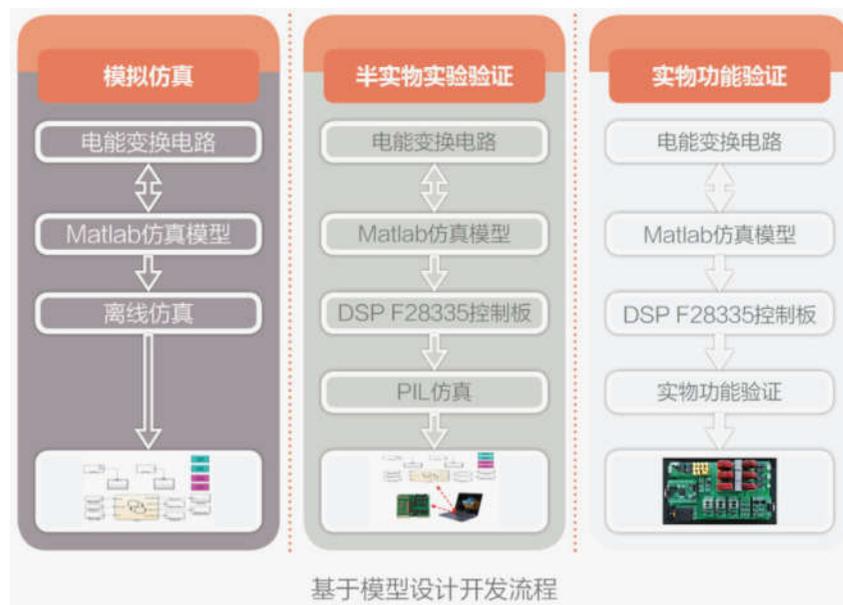
支持Matlab自动代码生成、软件代码开源、硬件原理图开放、配置灵活

- 用途广泛

本/专科教学、研究生/教师科研、课程设计、实习实训等多用途，节约实验室建设成本

- 产学结合

高校教学与企业研发无缝衔接



## 2.微电网开放式开发平台

### (1) 应用领域

#### ◆本/专科教学

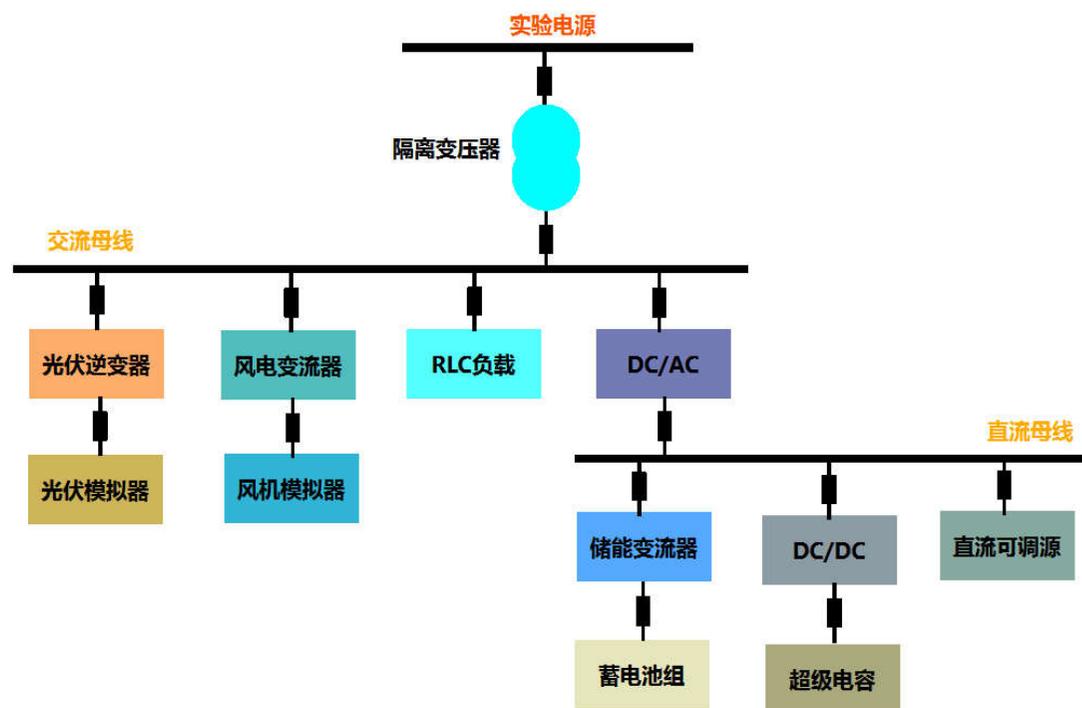
光伏模拟器、风力发电模拟器、储能模拟器、新能源并网

#### ◆研究生培养

新能源发电控制、风力发电机组的控制技术、储能变流器研究、下垂控制、虚拟同步机控制

#### ◆教师科研

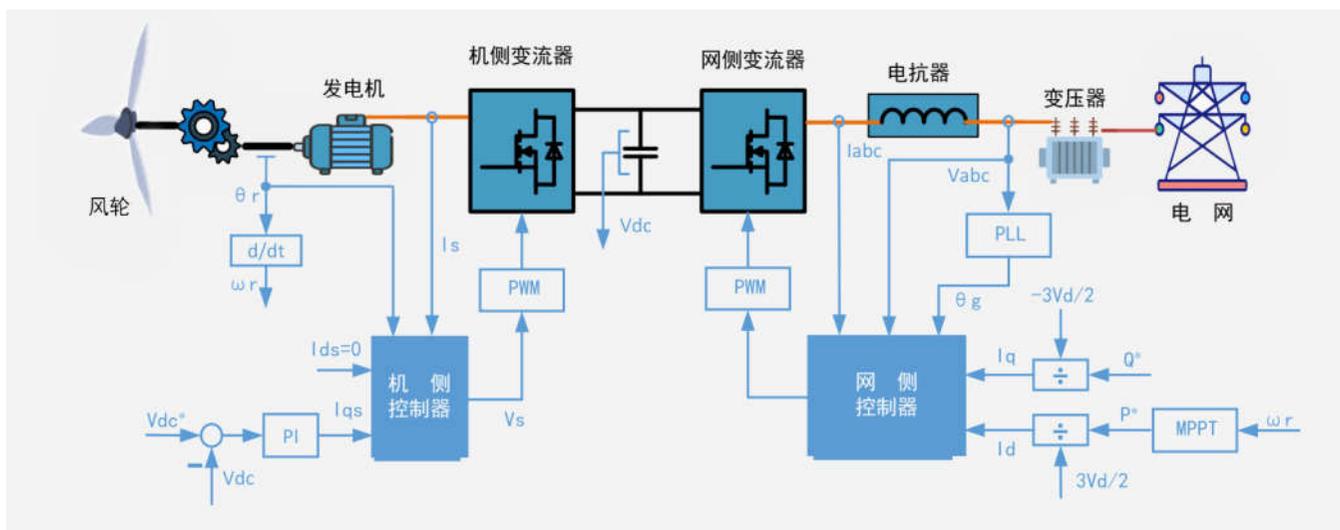
微电网的二次控制（电压、频率）、新型下垂控制算法、虚拟同步机算法、微电网能量管理



交直流混合微网拓扑图（支持组态）

## (2) 风力发电

风力发电模拟实验系统由风机模拟器机侧变流器和网侧变流器组成。根据可设定的额定功率、额定转速、额定风速和最佳叶尖速比等参数，生成风机的功率曲线和风能利用系数 $C_p$ 曲线。额定风速以下时，风机主控模块生成最优转速和最优功率指令；额定风速以上时，主控模块生成风机变桨指令，使风机稳定运行在最大功率状态。



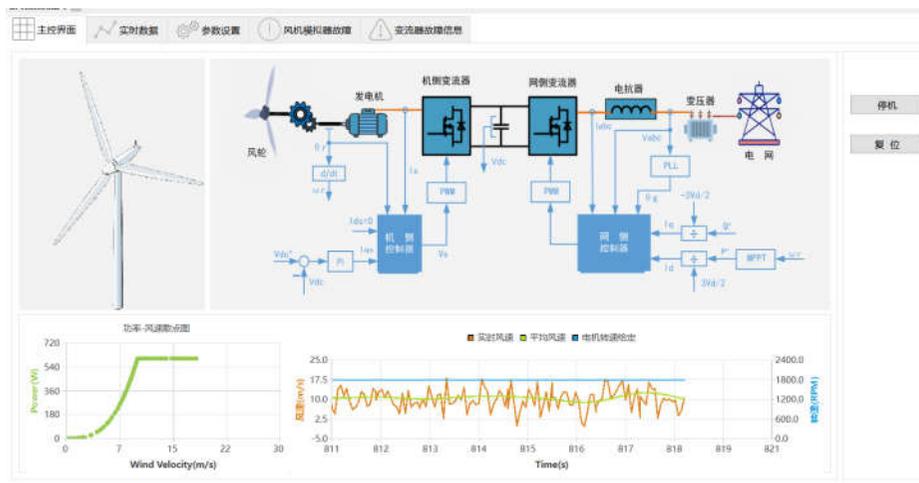
风力发电系统控制结构图



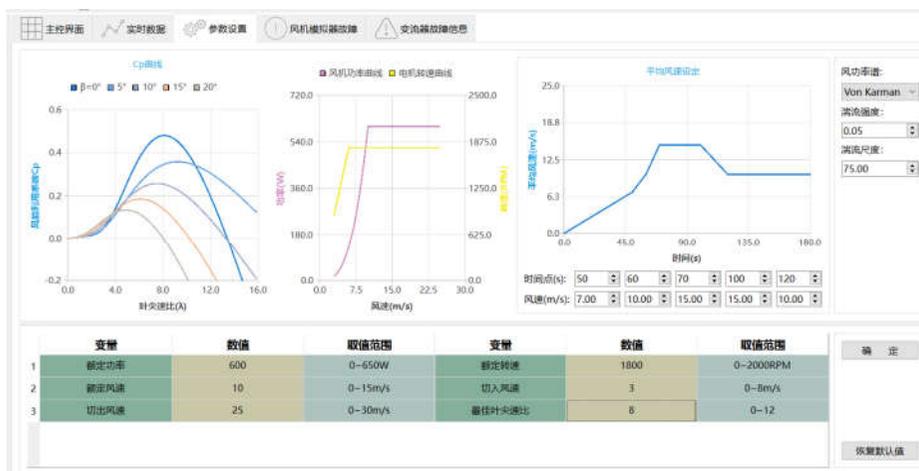
风力发电模拟系统

## ◆ 实验项目

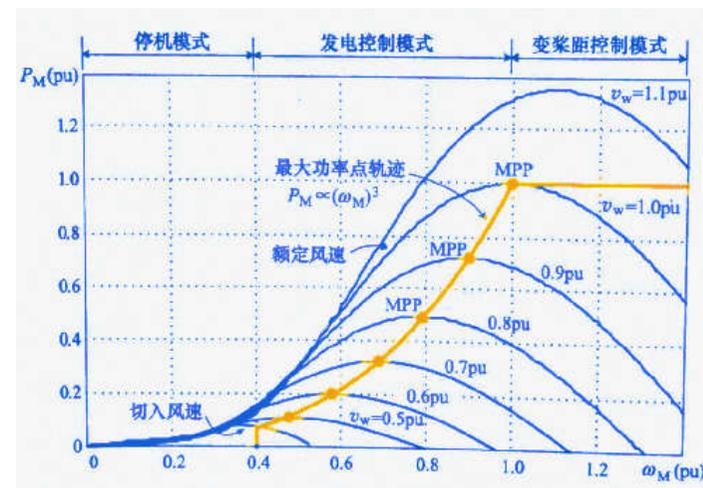
- 风速模拟
- 空载运行
- 并网运行
- 转矩模拟
- 变桨模拟
- 控制策略模拟
- 脱网保护



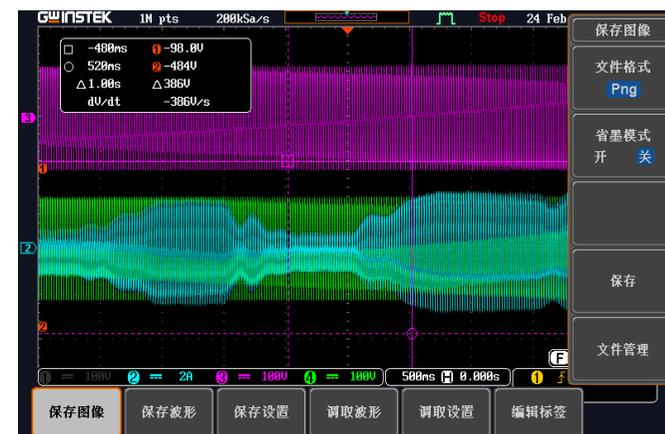
风力发电监控主界面（功率散点图、风速曲线、转速曲线）



参数设置界面（Cp曲线、功率曲线）



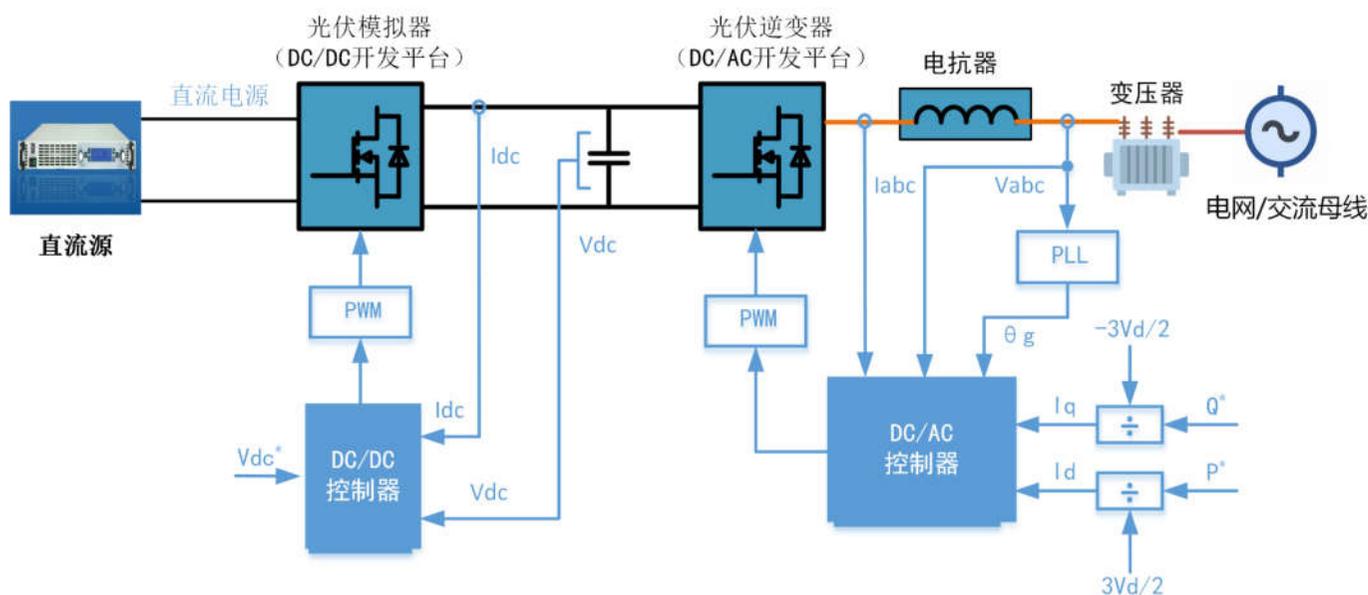
主控制策略示意图



并网运行电压电流波形

### (3) 光伏发电

光伏发电模拟系统由直流源、光伏模拟器、光伏逆变器和变压器等组成。光伏模拟器根据后台设定的光照强度、环境温度等参数，由数学模型计算输出的电压-电流曲线。光伏逆变器实现并网控制，支持最大功率跟踪模式、PQ控制模式和定交流电压控制等。



光伏发电系统控制结构图



光伏发电模拟系统

## ◆ 实验项目

- 光伏电池板模拟
- 最大功率跟踪(MPPT)
- 光伏发电并网
- 天气工况模拟

### ■ 光伏模拟器 (DC/DC开发平台)

开路电压工作范围: 0~200VDC;

最大功率点电压: 开路电压值\*0.8;

光照温度范围: -60°C ~ 60°C;

光照强度范围: 0~1000W/m<sup>2</sup>;

短路电流范围: 0~10A;

最大功率点电流: 短路电流值\*0.9;

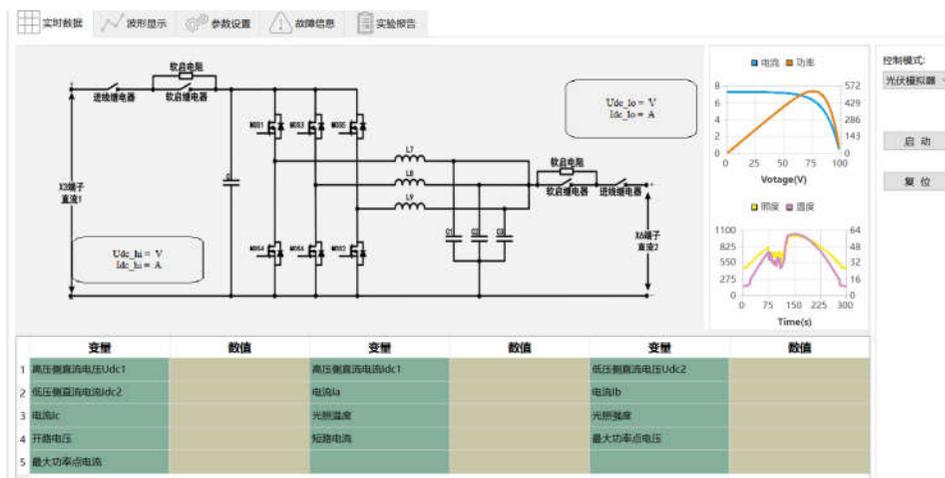
### ■ 光伏逆变器 (DC/AC开发平台)

最大允许直流工作电压: 200VDC;

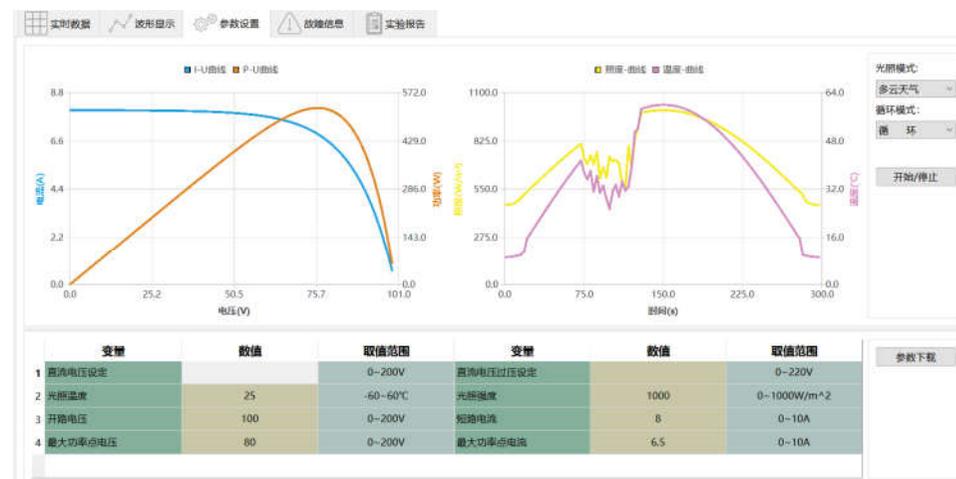
最大允许直流工作电流: 8A;

交流额定工作电压: 72VAC;

最大允许功率: 800W;



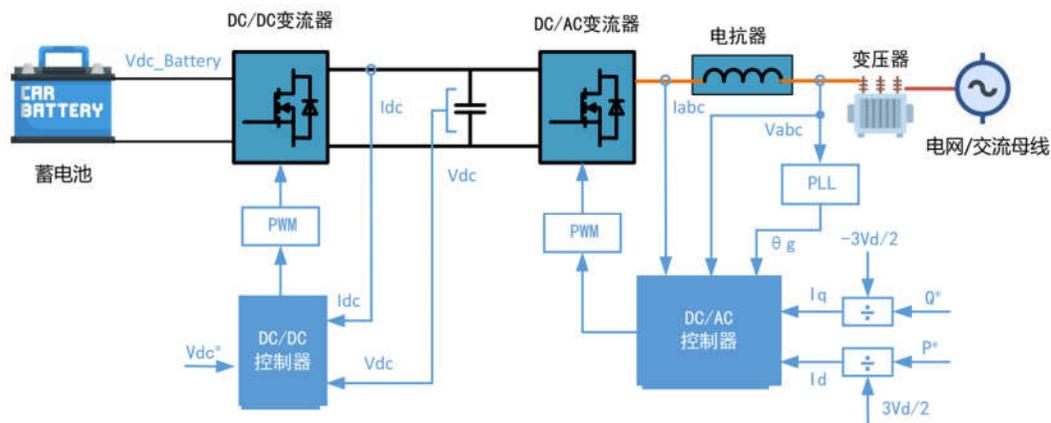
光伏模拟器监控后台主界面



光伏模拟器参数设置界面

## (4) 储能系统

储能模拟系统由蓄电池(磷酸铁锂)、BMS(电池管理系统)、DC/DC变流器、DC/AC变流器和变压器组成,支持自动充电、自动放电和手动运行等模式。DC/DC变流器工作在Boost稳压模式,DC/AC变流器支持功率控制和交流电压控制等模式。



储能模拟系统控制结构图



- 蓄电池  
工作电压范围: 70~78V  
标准充电电流  $\leq 5A$ ;  
最大持续充电电流: 8A;  
最大持续放电电流: 24A;  
单体电芯工作电压: 2.6V~3.6V;  
电池组串: 23串3并,  
材料: 磷酸铁锂32700-6000mAh;  
通讯方式: 485;
- 储能DC/DC变流器  
最大允许直流工作电压: 200VDC;  
最大允许工作电流: 8A;
- 储能DC/AC变流器  
最大允许直流工作电压: 200VDC;  
最大允许直流工作电流: 8A;  
交流额定工作电压: 72VAC;  
最大允许放电功率: 800W;  
最大允许充电功率: -500W;

### 3.模块化多电平柔性直流输电实验系统

#### (1) 应用领域

##### ◆本/专科教学

柔性直流输电、模块化多电平变流器、变流器有功无功控制、新能源并网

##### ◆研究生培养

阶梯波调制技术、子模块均压及排序策略研究、模块化多电平变流器建模、柔性直流输电控制技术、桥臂环流抑制算法、柔性直流输电系统启停控制

##### ◆教师科研

柔性直流输电潮流控制、柔性直流输电系统状态监测与故障诊断、柔性直流输电在微电网中的应用技术、多端柔直控制策略研究

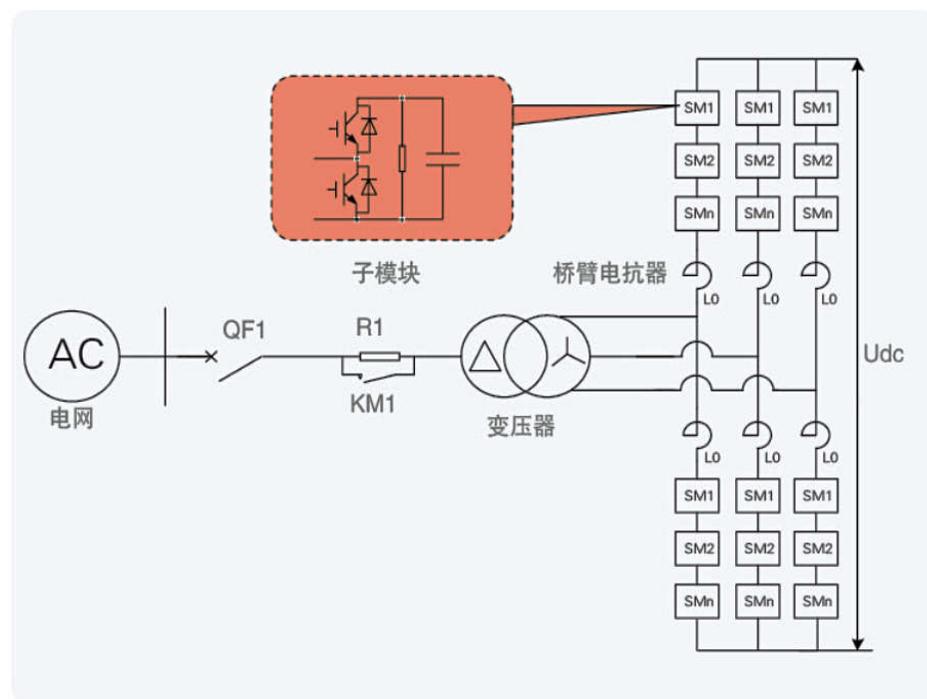


## (2) 系统构成

单端模块化多电平柔性直流输电试验系统电路由进线断路器、进线接触器、软启电阻、软启接触器、隔离变压器、桥臂电抗器测量单元和功率单元构成;控制保护单元由极控、阀控和后台监控单元构成。

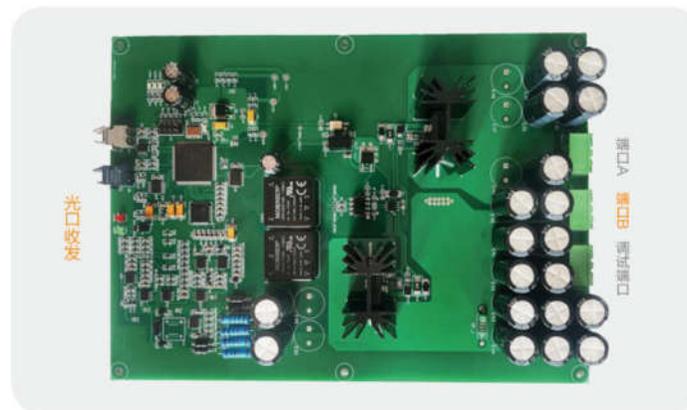


从左至右依次为：控制柜、下桥臂子模块柜、上桥臂子模块柜、电抗器柜和开关柜



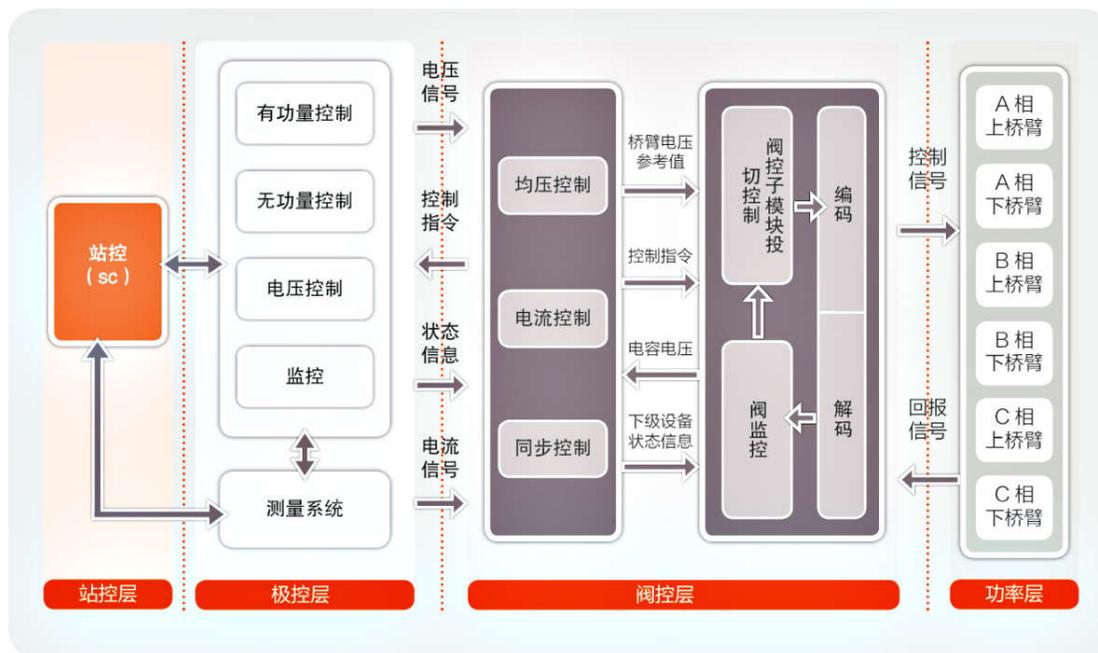
## (2.1) 半桥子模块

- 工作电压 50~150V
- 最大工作电流 40A
- 自取电/集中供电
- 光纤通信
- MOSFET/IGBT
- 可定制全桥模块



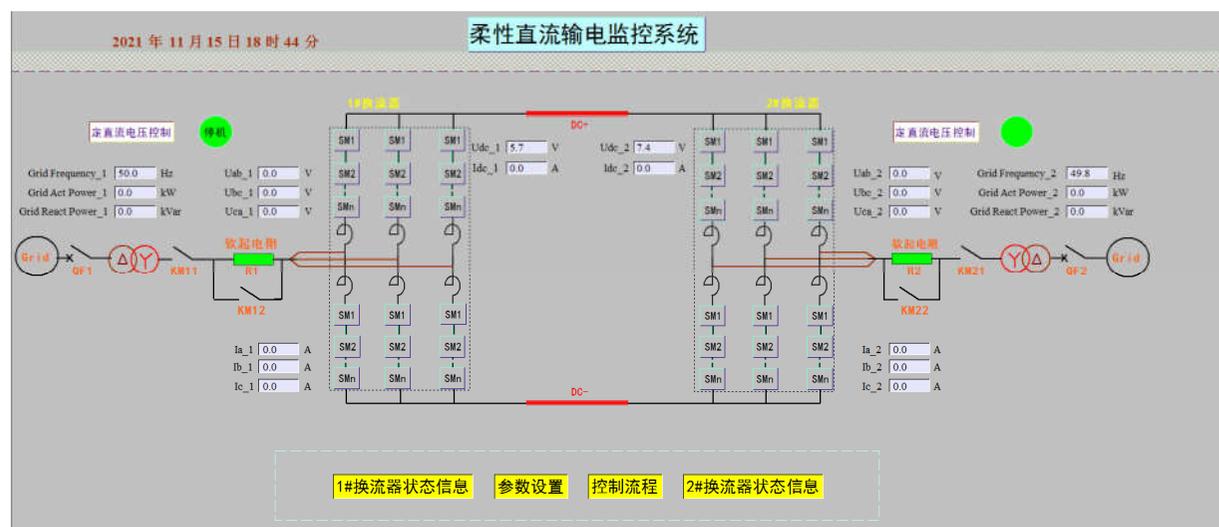
## (2.2) 极控与阀控

极控系统连接站控和阀控系统，硬件采用FPGA加双DSP的构架。极控系统响应站控后台软件的操作指令，完成功率环、电压环和电流环的控制，下发投切子模块数给阀控系统。阀控接收极控的子模块投切数量指令和电流方向等状态量，进行子模块电容电压平衡控制，生成触发脉冲，实现对开关管的触发控制。



## (2.3) 站控后台

站控后台可实现多端柔直的组态、启停控制、运行模式切换、故障复位、子模块电压显示和实时监控等。



A相上桥臂 |  A相下桥臂 |  B相上桥臂 |  B相下桥臂 |  C相上桥臂 |  C相下桥臂

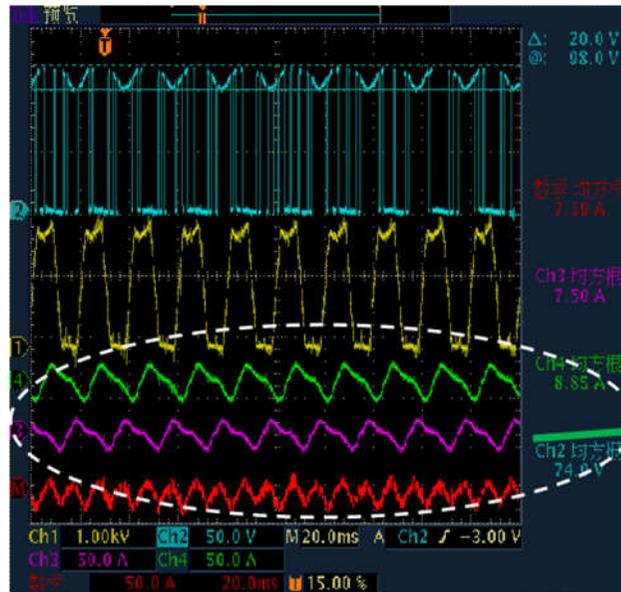
模块编号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
通讯状态	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
PWM使能	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
驱动故障	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
过温故障	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
过压状态	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
欠压状态	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
旁路开关状态	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●

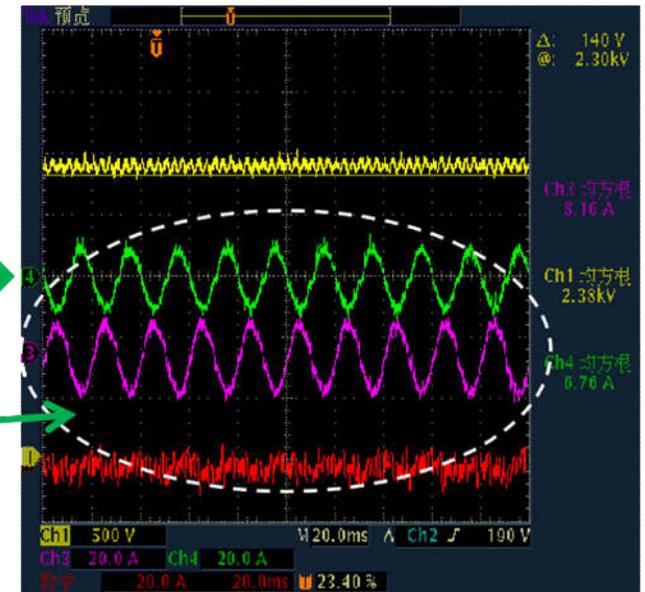
模块电压	模块1	模块2	模块3	模块4	模块5	模块6	模块7	模块8	模块9	模块10	模块11	模块12
	107.9	108.1	107.3	107.3	107.3	108.5	108.4	108.5	108.5	108.5	107	107
模块电压	模块13	模块14	模块15	模块16	模块17	模块18	模块19	模块20	模块21	模块22	模块23	模块24
	107	107	107	108	108	107.9	107.9	107.9	108.1	108.1	108.1	108.2

### (3) 实验项目

- 系统保护试验
- 子模块软启阶段均压试验
- 子模块正式运行阶段均压试验
- 阶梯波调制试验
- 空载稳压试验
- 低电压穿越试验
- 孤岛试验
- 黑启动试验
- 有功/无功潮流控制试验
- 桥臂环流抑制试验
- 多端协调控制试验
- 故障模拟实验



未施加桥臂环流抑制



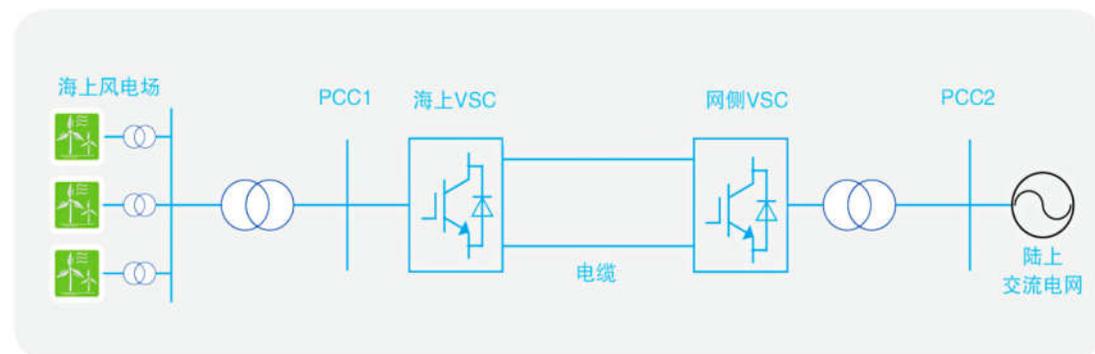
施加桥臂环流抑制

注释: CH1 桥臂电压    CH2 子模块电压    CH3 A相上桥臂电流    CH4 A相下桥臂电流    M 桥臂环流

## (4) 典型应用

海上风电场采用直流输电方式送出时，必须采用基于VSC (voltage source converter)的直流输电方式，因为LCC(line-commutated converter)也须同步交流电源才能运行，而海上VSC 可以提供稳定的同步交流电源。

基本控制策略是海上VSC定 PCC1 点的电压幅值和频率，网侧 VSC 定直流侧电压和定交流侧无功功率(或交流侧电压)。显然，直流输电系统并不能对海上风电场的输出功率进行控制，即风电场输出多少功率，直流输电系统就送出多少功率，因此称其为“直进直出”控制模式。



## 4. 积木式电力电子技术开发系统

大多数拓扑都可由半桥模块组合而成，因此多个半桥功率模块可以任意互联，形成目标拓扑结构。半桥模块还包含弱电接口，可接受外部单路或双路PWM控制信号以控制半桥或分别控制上下两管，此控制信号与强电隔离，弱电接口也可向转接板传输故障信号等用作保护。



## (1) 应用领域

### ◆研究生培养

现代电力电子技术、自定义实验  
科研设备

### ◆老师科研

新型电路拓扑研究、电能变换控  
制算法研究



## (2) 功率模块

功率模块包含3个独立的半桥模块，由强电及驱动电路、控制及采样电路、散热风扇等组成。

### ■ 参数

最大额定电压：400 V

最大额定电流：15 A

最高开关频率：150kHz

### ■ 尺寸

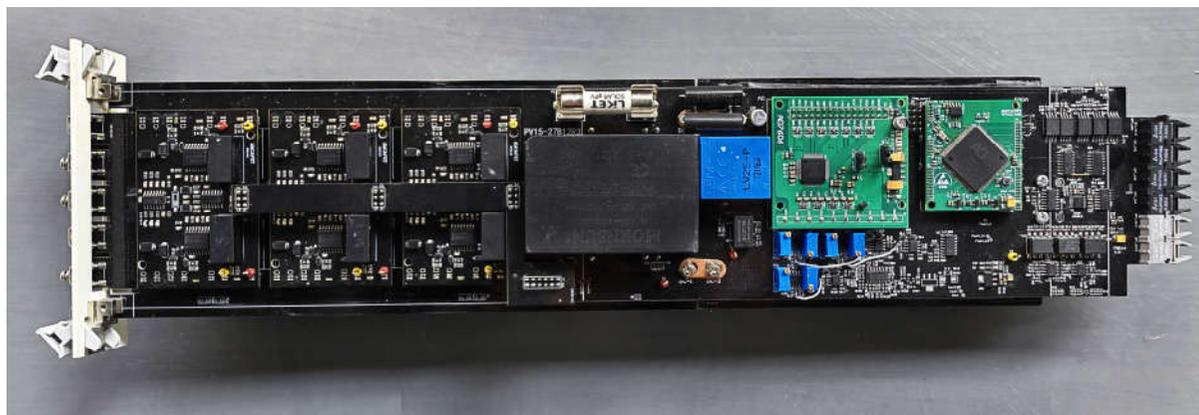
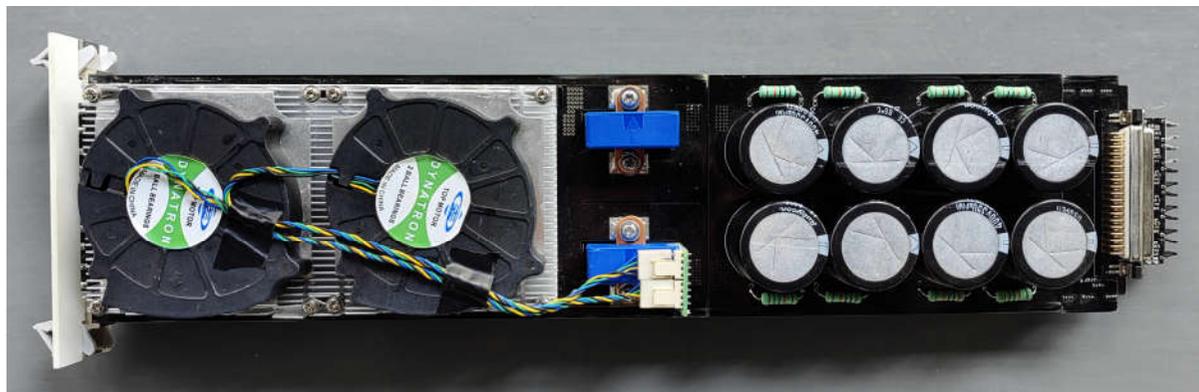
47.5cm×10.5cm×6.8cm

### ■ 接口

直流：DC+/DC-

交流：ABC三相

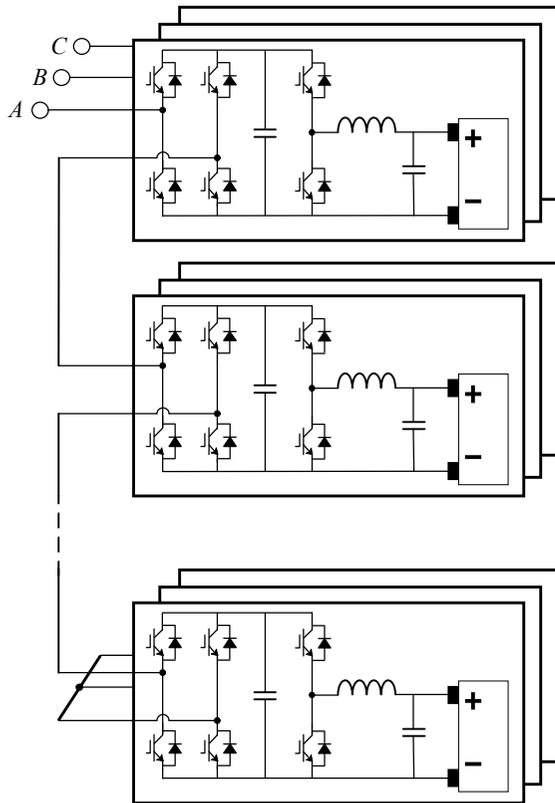
弱电：三路PWM信号、闭锁信号、复位信号、故障反馈信号、两路电流反馈信号



### (3) 典型应用

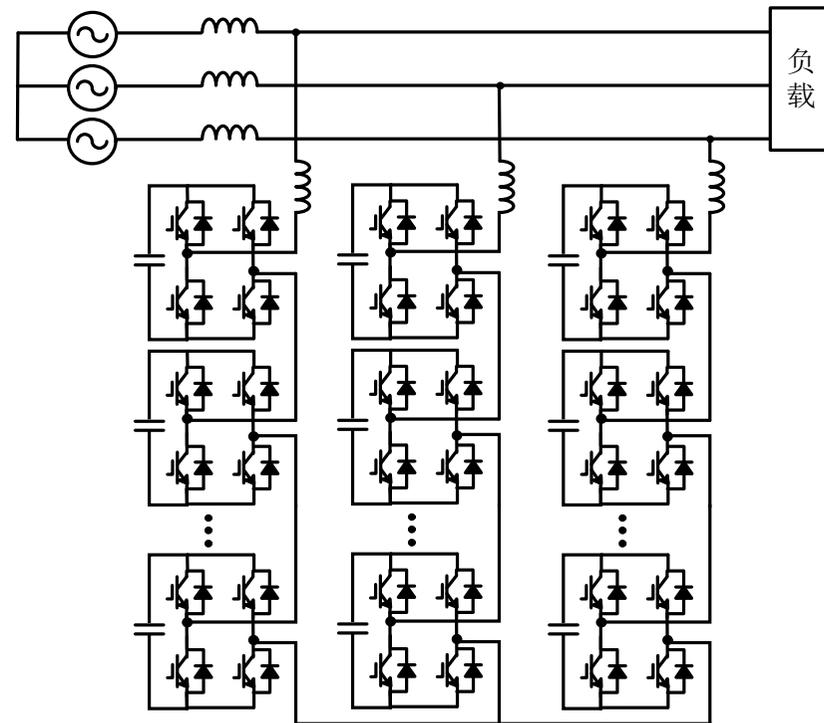
#### ■ 储能：CHB子模块BUCK电路

交流380VAC、直流48VDC、功率10kW



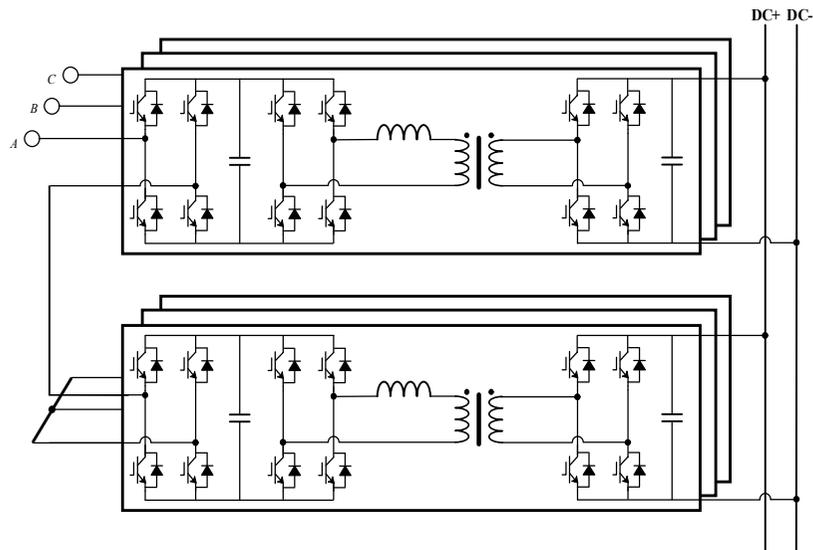
#### ■ 电能质量：CHB型STATCOM

交流380VAC、直流200VDC、功率18.6kW



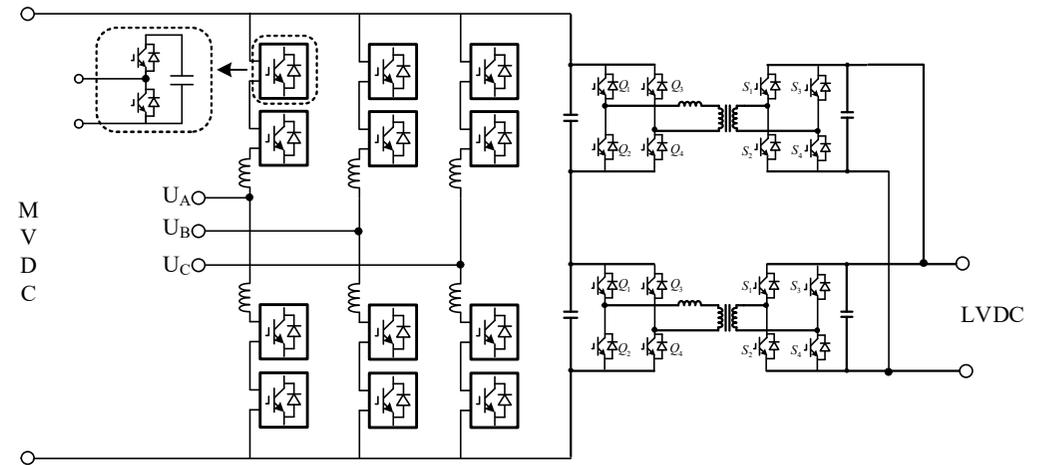
## ■ 电力电子变压器: CHB+DAB

交流 380VAC、直流192VDC、功率18.6kW



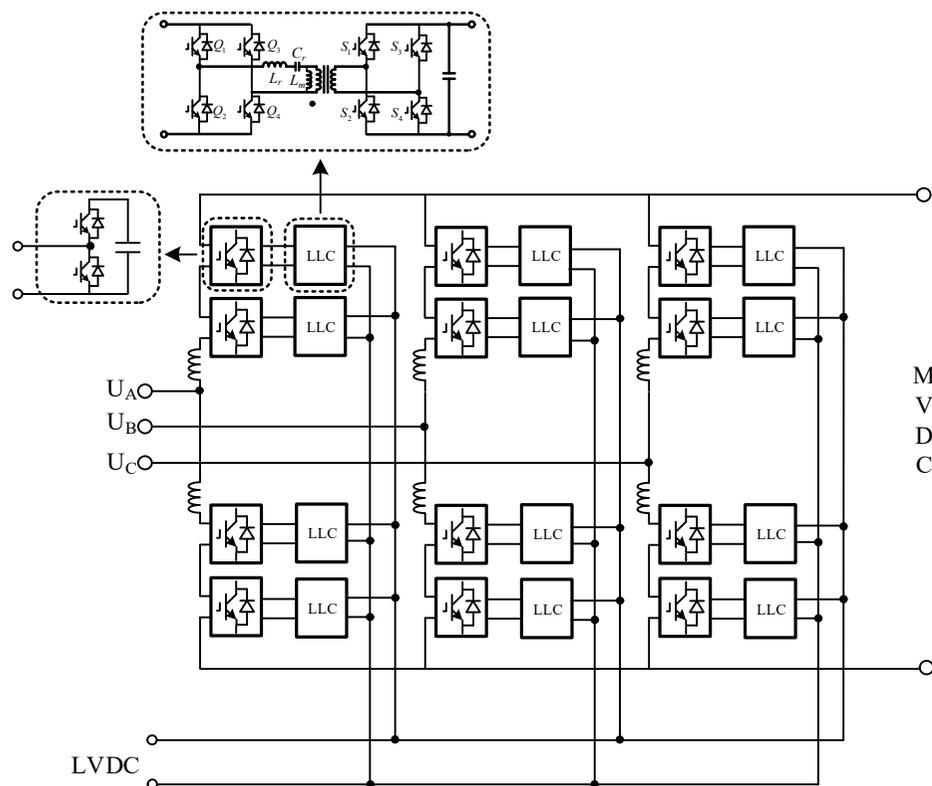
## ■ 电力电子变压器: MMC+集中DAB

380VAC、MVDC:750VDC、LVDC:宽范围可调、  
18.6kW



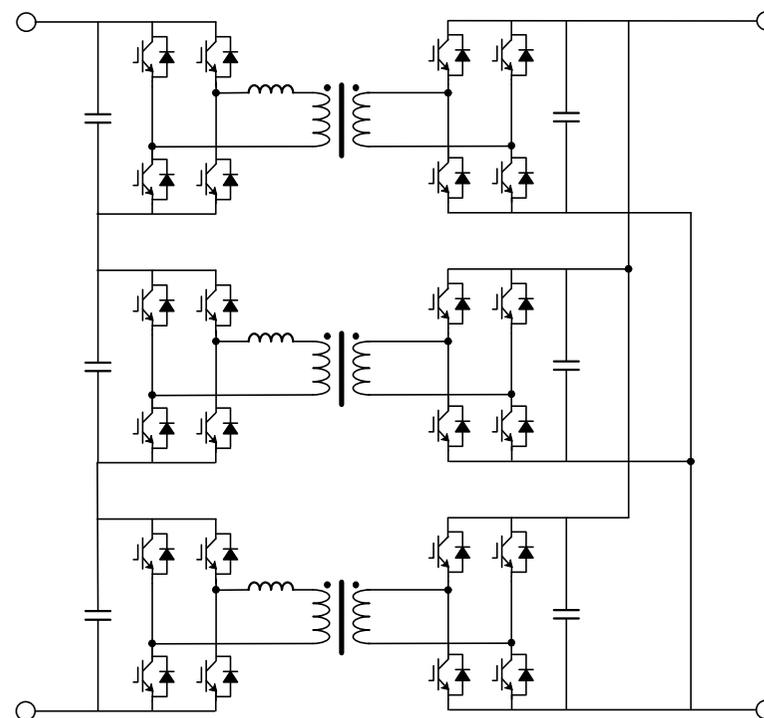
## ■ 电力电子变压器: MMC+子模块LLC

380VAC、MVDC:750VDC、LVDC:宽范围可调、  
18.6kW



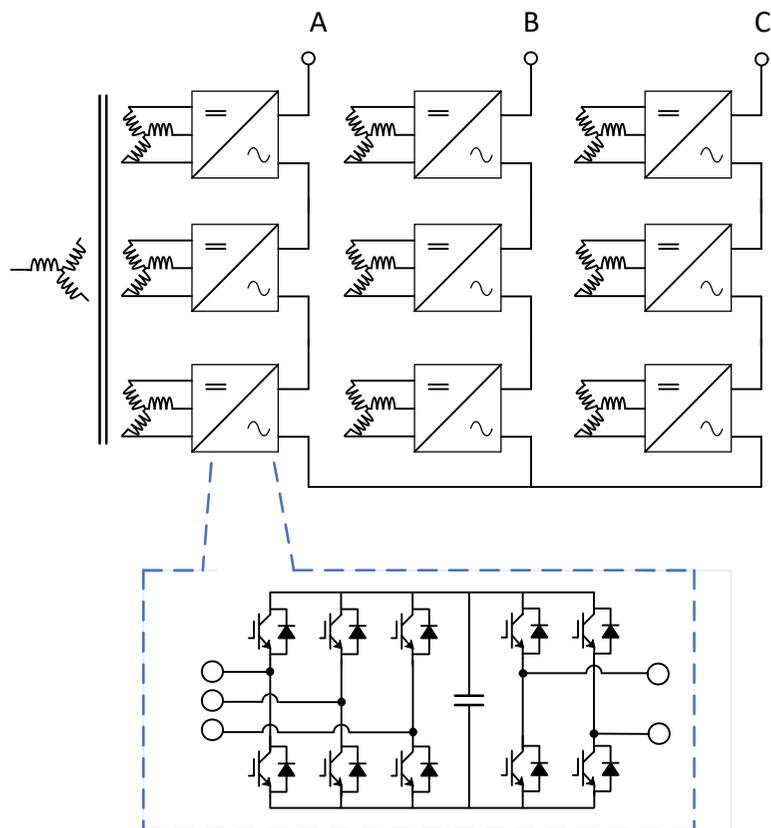
## ■ 电力电子变压器: 输入串输出并DAB

输入1200VDC、输出400VDC、功率18kW



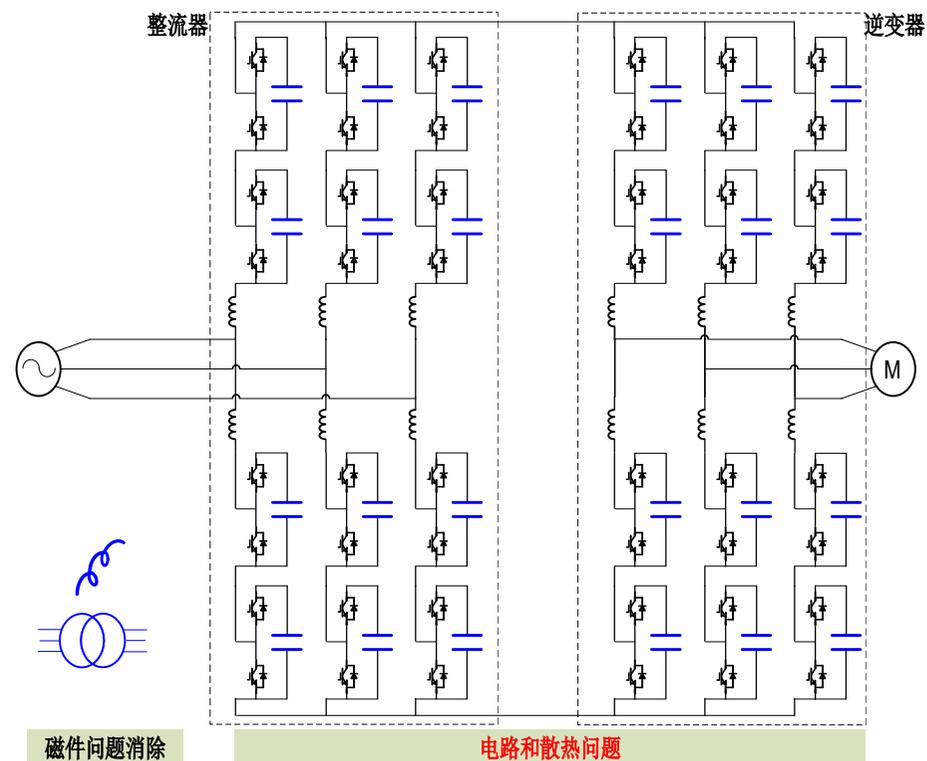
## ■ 电机拖动:多绕组变压器+CHB

输入380VAC、输出0-380VAC、功率18.6kW



## ■ 电机拖动:背靠背MMC

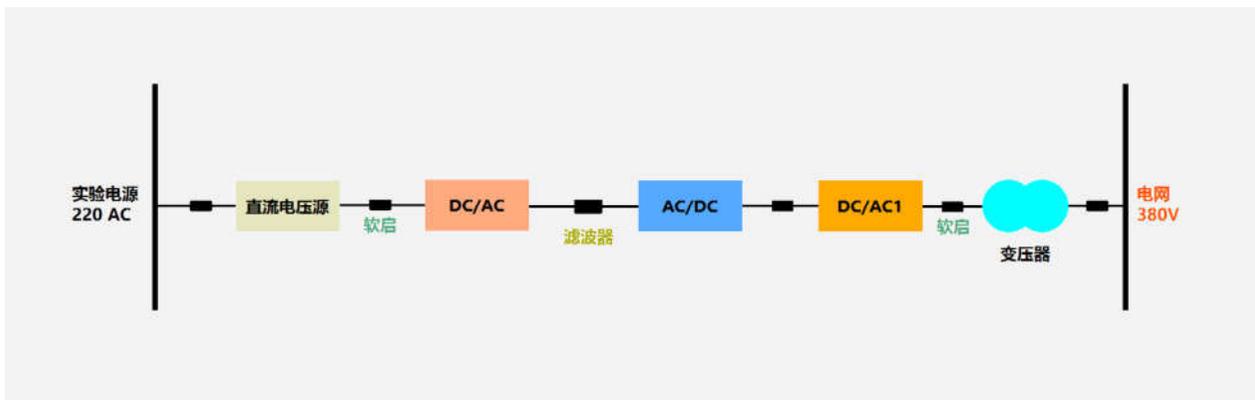
输入380VAC、输出0-380VAC、直流母线750VDC、功率18kW



## 5. 新能源车工况模拟系统

用一对共直流母线的半桥变流器模拟工况，电压、电流和频率时间曲线支持后台设定，无须电机台架，支持CLTC、WLTC、NEDC的工况数据导入。

- 直流电压 0~450V
- 交流电压 0~310V
- 交流频率 0~400Hz
- 有功功率 0~2kW
- 开关频率 15~40kHz
- 无功功率 -10~10kVar



新能源车工况模拟系统拓扑图



**谢谢!**