

2020 年全国高等院校工程应用技术教师大赛

比赛要求与赛项平台技术说明

EE2: 电力电子与调速技术

一、引言

大赛采用目标命题的竞赛方式，即限定赛项平台，给定实现目标，实施方案不拘一格。这种目标命题的竞赛方式既约束了项目的实施范围，又为参赛选手留有应用创新的空间，重在考察参赛选手的实际应用能力和解决问题能力。

大赛支持在目标命题的范围内和限定的赛项平台下进行有创意的系统构想和设计，鼓励从应用创新的角度去思考设计工程应用系统，或从培养学生的角度去构造实验/实训教学系统。

本赛项以“电力电子与调速技术”为应用背景，要求充分利用赛项平台的软硬件资源，根据比赛命题自主设计一个具有电力电子与调速技术工程应用或教学实验/实训价值的系统。通过工程应用、创新设计和现场实施，考察参赛选手工程应用及创新能力。

二、比赛要求

1. 大赛采用目标命题的比赛方式，分初赛和决赛两个阶段。

2. 初赛阶段：根据“目标命题实现”任务书（任务书可从网站 <http://skills.tianhuang.cn> 下载）的要求和赛项平台的软硬件资源，设计一个工程应用系统或教学实验/实训系统（二选一）。所设计的工程应用系统要求覆盖规定的技术目标，具有实际应用价值；所设计的教学实验/实训系统要求满足规定的要求，具有培养学生实践能力的教学使用价值，且至少要编写 2~3 个具体的实验/实训指导书（具体要求见“目标命题实现”任务书）。参赛选手要按规定的时间提交项目设计书（设计书模板可从网站 <http://skills.tianhuang.cn> 下载），大赛组织相关专家以网评的形式进行初审，根据初审结果，决定入围全国总决赛名单。

3. 决赛阶段：决赛分“工程实践操作”和“目标命题实现”两个环节。第一环节按“工程实践操作”作业书（作业书可从网站 <http://skills.tianhuang.cn> 下载，决赛公布的作业书较赛前公布的会有不多于 20% 的更改）的要求操作，主要比基本技能操作和工程素质；第二环节按“目标命题实现”任务书（决赛公布的任务书较赛前公布的也会有一定改动）的要求完成，主要比规定目标下的应用创新和解决问题的能力。两个环节的比赛时间各为 120 分钟，第一个环节完成后间隔 30 分钟进入第二个环节，第二个环节完成后由评审专家组织对参赛选手进行现场答辩，答辩时间 15~20 分钟。

4. 参赛选手设计的系统必须能在限定的赛项平台上实现，大赛为参赛选手提供赛项平台必要的技术资料，包括技术说明、操作规程、装配图纸和系统软件等。

5. 决赛阶段“目标命题实现”比赛环节为 120 分钟，参赛选手要充分考虑到现场实施所需的工作量、复杂程度，以及软硬件的兼容性和接口的匹配性等技术细节，所设计的方案必须能在规定的时间内完成。参赛选手实施第二环节“目标命题实现”任务时，可以充分借助第一环节“工程实践操作”的实施结果。

6. 参赛选手不能将已有的科研成果直接拿来参赛，也不允许自带任何硬件装置、部件和被控对象等参赛，一经发现将取消参赛资格。但参赛选手可以用 U 盘或移动硬盘将事先自编的应用软件带入比赛现场，以便装入赛项平台，完成系统调试。

7. 对“水环境监测与治理技术”、“大气环境监测与治理技术”和“化工分离与节能技术”赛项，如果参赛选手有技术上的特殊要求，可在决赛前 30 日向大赛办公室提出。大赛办公室收到申请材料后，在 15 日内予以答复，以便参赛选手调整设计方案。

8. 如果参赛选手选择“教学实验/实训系统”命题任务，要充分考虑教学实验/实训课的需求，设计教学实验/实训系统，同时提供必要的实验/实训指导书。现场演示时，要模仿实验/实训课的真实情况，按实验/实训指导书的步骤逐步进行。

9. 参赛选手要有知识产权意识，如果所设计的方案涉及到他人的知识产权应注明出处。

10. 参赛选手在比赛的全过程中不得透露单位和个人信息，对冒名顶替、弄虚作假、假造数据、抄袭他人技术等情况，由大赛仲裁委员会视情节轻重负责处理，或给予扣分处置，或取消比赛资格，并由组委会通知其所在单位。

11. 同单位的参赛选手技术方案雷同视为相互抄袭，同时取消两人的比赛资格。

12. 参赛选手要有安全意识，不得违规操作，不能带电操作，对有毒或有害健康的气体、液体要谨慎处理处置，避免造成人身伤害。

13. 参赛选手要尊重现场裁判和评审专家的工作，如对评审存有疑义，由大赛仲裁委员会处理。

三、赛项平台技术说明

（一）赛项背景

电力电子与调速技术诞生以来，使电气工程、电子技术、自动化技术等领域发生了深刻的变化，同时也给人们的生活带来了巨大的影响。目前，电力电子与调速技术仍以迅猛的速度发展着，新的电力电子器件层出不穷，新的技术不断涌现，其应用范围也不断的扩展。不论在全世界，还是在我国，电力电子与调速技术都已造就了一个很大的产业群。与之相应，在电力电子与调速技术领域从事技术和科研的人数也相当庞大，且与日俱增。因此，针对高等院校电力电子、电机调速应用和创新实验教学的实际需要而专门研制的综合性装置，满足各高等院校电气工程及其自动化、控制工程等相关专业的实验设计与工程设计，以及科研创新，成为眼下迫切的需要。

在这样的技术背景下，本赛项以“THEAZT-3A 型 电力电子与调速系统实验/实践平台”、“THEAZT-3B 型 电力电子与调速系统高级实验/开发平台”和“THEAZT-3C 型 电力电子与调速系统设计/创新平台”为应用对象，利用赛项平台的控制屏、实验组件、配套电机、开放式的模块等的硬件和软件资源，以数字调速、多电平中前沿技术为导向，紧密结合工业生产领域中电机调速、变频器的功能和特点，开展电力电子与调速技术方面的工程创新应用和实践教学创新竞赛，同时推动高等院校相关专业的教学改革与创新，不断提升高等院校工程教育青年教师工程应用能力、产业化能力和实际动手能力，锻炼教师综合电机调速、电力电子、DSP 等多学科技术的融合能力，有利于更好地培育具有卓越工程应用能力的教师队伍。

（二）赛项平台

平台一：THEAZT-3A 型 电力电子与调速系统实验/实践平台

如图 1 所示，平台一采用模块化设计，实验模块采用开放式透明外壳结构，可在实验平台上自由插拔安装组合，自主进行系统搭建及装调，实验/实践内容包含了晶闸管变流、晶闸管模拟调速系统、晶闸管数字控制调速系统及全控型器件的数字调速系统等，综合了传统和现代电力电子技术，主要用于学生实验及工程实践。



图1 THEAZT-3A 型 电力电子与调速系统实验/实践平台

THEAZT-3A 型 电力电子与调速系统实验/实践平台系统配置表

序号	型号	名称、规格说明	数量	备注
1		电源控制屏	1 套	
2		可调电阻负载	1 套	
3		电抗器（700mH 带抽头）	1 套	
4	DD03-3A	不锈钢电机导轨、光码盘测速系统（1024 光电编码器及数显转速表）	1 套	
5	DJ15	直流并励电动机	1 台	
6	DJ16-2	三相鼠笼式异步电动机	1 台	
7	DJ13-1	直流发电机	1 台	
8	HK93-1	直流无刷电机	1 台	
9	HK91	永磁同步电机	1 台	
10		创新模块	1 套	

THEAZT-3A 型 电力电子与调速系统实验/实践平台详细介绍

1. 电源控制屏（铁质双层亚光密纹喷塑结构，铝质面板）

(1) 交流电源

提供三相交流电源 380V、三相 0~430V 可调交流电源、单相交流电源 220V、单相 0~250V 可调的交流电源，可调交流电源输出处设有过流保护装置。配有指针式交流电压表，通过切换开关，可指示三相电网电压和三相调压电压。

(2) 直流电源：高压直流励磁电源 220V/0.5A、低压直流稳压电源+24V、±15V、±12V、±5V 直流电源，可调（±15V）给定电压输出。

(3) 直流数字电压表一只：测量范围 0~500V，档位有 5V、50V、500V 多档可选，四位半数显，输入阻抗为 10MΩ，精度为 0.5 级，具有超量程报警、指示及切断总电源等功能。

(4) 直流数字电流表一只：测量范围 0~5A，档位有 50mA、500mA、5A 多档可选，四位半数显，输入阻抗为 0.1Ω，精度为 0.5 级，具有超量程报警、指示及切断总电源等功能。

(5) 交流数字电压表一只：测量范围 0~500V，档位有 5V、50V、500V 多档可选，四位半数显，输入阻抗为 1MΩ，精度为 0.5 级，具有超量程报警、指示及切断总电源等功能。

(6) 交流数字电流表一只：测量范围 0~5A，档位有 50mA、500mA、5A 多档可选，四位半数显，输入阻抗为 0Ω，精度为 0.5 级，具有超量程报警、指示及切断总电源等功能。

(7) 交流指针电压表一只：测量范围 0~500V，精度 1.5 级。

(8) 交流指针电流表一只：测量范围 0~5A，精度 1.5 级。

(9) 直流指针电压表一只：测量范围 0~±300V，精度 1.5 级。

(10) 直流指针电流表一只：测量范围 0~±3A，精度 1.5 级。

(11) 三相芯式变压器：500VA、原边 380V (Δ)/200V (Y)。

(12) 电抗器：700mH 带抽头电抗器。

2. 可调电阻负载

提供阻值容量 150W、0.5A、0~900Ω/×2 连续可调的瓷盘电阻 3 只，电阻接线端均已连接至操作面板上，可方便地组合串联、并联、串并联等多种方式使用，可在 0.5A、1A 不同电流要求的负载下使用。

3. DD03-3A 不锈钢电机导轨、光码盘测速系统（1024 光电编码器及数显转速表）

包括固定电机的不锈钢导轨、1024 增量式光电编码器及数字转速表。

▶ 不锈钢导轨平整度好，无应力变形，加工精细，同心度好，互换性好，能保证电机与电机、电机与测功机之间连接的同心度不超过±5 丝，电机运行噪声小，实训参数典型，能较好满足实训要求。

▶ 测速采用 1024 增量式光电编码器，可以实现电机转速 0~6000r/min 的精确测量，并通过单片机实现转速数字信号与电压信号的线性转换 $V=f(n)$ ，能提供精确稳定的转速反馈电压信号，正反转输出电压对称性误差小，克服了采用测速发电机测速精度低、测量范围小、对称性差及非线性变化等缺点。

4. DJ15 直流并励电动机：220V、1.2A、185W、1600r/min。

5. DJ16-2 三相鼠笼式异步电动机：380V/Y、1.12A、370W、1400r/min。

6. DJ13-1 直流发电机：200V、1.1A、220W、1600 r/min。

7. HK93-1 直流无刷电机：有效值电流 0.94A，额定功率 180W，最高转速 2000r/min

8. HK91 永磁同步电机：额定电压：380V，额定功率 180W，额定电流：0.35A，额定转速 1500r/min。

9. 创新模块配置

该部分模块接口均开放，可供用户完成工程实践及创新性实验。

(1) 晶闸管整流模块：采用 20A/1600V 晶闸管模块；

- (2)晶闸管触发模块：采用三相 TC787、单相 TCA785 集成触发电路模块；
- (3)晶闸管功率驱动模块；
- (4)检测单元模块：包含同步信号检测、电压检测、电流检测等；
- (5)调节器模块：采用模拟电路构成的 PI 调节器单元模块，配有可调电阻及电容调节器参数可调。
- (6)晶闸管数字控制模块
- (7)DSP 控制模块：采用 TMS320F2812 控制器，最高主频 150MHz。
- (8)两电平逆变模块：主要有功率集成模块、驱动电路及采样电路组成，其中功率集成模块采用三菱 IPM 模块 PM25RLA120，最大输出功率 3.7kW。
- (9)人机接口模块：主要由 240*128 的液晶屏与 4*4 的矩阵键盘组成。

平台二：THEAZT-3B 型 电力电子与调速系统高级实验/开发平台

如图 2 所示，平台二采用控制屏+实验开发组件的结构，可以开展研究型电机调速、两电平/三电平 PWM 整流与逆变、光伏逆变器、多电平技术及矩阵变换器等相关的实验教学、设计开发。



图 2 THEAZT-3B 型 电力电子与调速系统高级实验/开发平台

THEAZT-3B 型 电力电子与调速系统高级实验/开发平台配置表

序号	型号	名称、规格说明	数量	备注
1	DD01、DD02	电源控制屏（铁质双层亚光密纹喷塑）	1 台	详见产品

		结构, 铝质面板)、实验桌 1873mm×725mm×1600mm		结构组成
2	D41	三相可调电阻	1 件	
3	D43	三相可调电抗器	1 件	
4	PEC06	三相数字 PWM 整流器组件	1 件	
5	PEC07	研究型变频调速实验组件	1 件	
6	PEC09	单相、三相整流与隔离变压器组件	1 件	
7	PEC11	有源电能质量管理装置	1 件	
8	PEC13	矩阵式交 - 交变换器	1 件	
9	PEC14	单/三相级联多电平逆变器	1 件	
10	PEC14-1	三相二极管钳位三电平逆变器	1 件	
11	PEC15	光伏逆变实验组件	1 件	
12	PEC31	交流电机 DSP 矢量控制及调速系统	1 件	选配挂件
13	RML01	三相滤波器组件	1 件	
14	RML02	二极管钳位式三电平 PWM 整流功率 驱动保护组件	1 件	
15	RML03	双 DSP 控制组件	1 件	
16	DD03-8B	电机导轨	1 台	
17	DJ15	直流并励电机	1 台	
18	HK93-1	直流无刷电机	1 台	
19	DJ16-2	三相交流异步电机	1 台	
20	HK91	三相永磁同步电机	1 台	
21	DJ13-1	直流发电机	1 台	

THEAZT-3B 型 电力电子与调速系统高级实验/开发平台详细介绍

1. 电源控制屏(铁质喷塑结构, 铝质面板)

(1) 交流电源

提供三相 0~450V 可调交流电源, 同时可得到单相 0~250V 可调的交流电源(配有一台三相同轴联动自耦调压器(规格 1.5kVA、0~450V)。可调交流电源输出处设有过流保护装置。配有三只指针式交流电压表, 通过切换开关, 可指示三相电网电压和三相调压电压。

(2) 高压直流电源

提供 220V (0.5A) 励磁电源及 40~250V (3A) 连续可调稳压电枢电源(具有过压、过流、过热及短路软截止自动恢复保护功能)各一组, 并设有直流数显电压表及切换开关。

(3) 控制屏正面大凹槽内, 设有两根不锈钢钢管, 可挂仪表及实验部件。凹槽底部设有多个蓝色单相三芯 220V 电源插座以及四芯航空 33V 插座, 给仪表等部件供电用。控制屏两侧设有单相三极 220V 电源插座及三相四极 380V 电源插座。实验台照明用 220V、40W 的日光灯一盏。

2. 实验桌

实验桌为铁质双层亚光密纹喷塑结构, 桌面为防火、防水、耐磨高密度板, 结构坚固, 形状似长方体封闭式结构, 造型美观大方; 设有两个大抽屉、柜门, 用于放置工具、存放挂件及资料等。桌面用于安装电源控制屏并提供一个宽敞舒适的工作台面。实验桌底部装有四个万向轮和四个固定调节机构, 便于移动和固定。

3. D41 三相可调电阻器(三组 $90\ \Omega \times 2/1.3\text{A}$ 瓷盘电阻)

作为实验中的可调电阻性负载用。

4. D43 三相可调电抗器

每相均由一个 127V/0.5A 的固定电抗器和一个 0~250V 的自耦调压器组成，既可作固定电感和可调电抗器使用，也可作自耦调压器使用。

5. PEC06 三相数字 PWM 整流器组件

采用 TI 公司的 TMS320F2812 芯片作为主处理器，功率模块采用三菱 IPM 模块 PM25RLA120，最大输出功率 3.7kW。DSP 的 FLASH 内烧录有数字 PWM 整流控制系统程序，面板绘有三相数字 PWM 整流器原理框图及留有仿真器接口，串口，波形观测口等接口。

6. PEC07 研究型变频调速实验组件

PEC07 研究型变频调速实验组件采用挂箱结构，包括变频调速控制电路和功率驱动电路，是基于 TMS320F2812 研制的一款快速控制原型和硬件在回路实时仿真开发系统，具有快速控制原型开发、硬件在线仿真功能，通过 Matlab/Simulink 设计好控制算法，编译整个模块就能自动生成 DSP 代码，在控制电路上运行后就能生成相应的控制信号，从而方便地实现对被控对象的控制。功率驱动电路采用三菱公司的大功率 IPM 模块 PM25RLA120，最大输出功率 3.7kW。

利用此系统可以完成交流异步电机、永磁同步电机、直流有刷电机、直流无刷电机等众多电机的实时控制实验，可以直接使用 Matlab 语言编写算法或者用 Simulink 库搭建电机控制算法，也可以在 Windows 系统上使用 C、C++ 或者 Basic 语言编写电机控制算法，同时配有 DSP (USB2.0) 专业仿真器，用于程序的下载和烧录。

7. PEC09 单相、三相整流与隔离变压器组件

提供一只 0~250V/0.5kVA 单相交流自耦调压器，一个单相整流滤波电路，为相应的实验提供可调直流电源；提供一个输入电压 220V/1.5A，输出电压 220V/1.5A 的隔离变压器，在完成 PEC06 能量回馈时实现隔离，提供一个三相整流滤波电路，为相应实验提供直流电源。

8. PEC11 有源电能质量管理装置

面板绘有有源电能质量管理装置原理框图、各种波形接口及键盘液晶界面，控制板安装在挂箱内，控制芯片采用 TMS320LF2407A。挂件主要完成检测电网给非线性负载的供电电流，实时计算电流中的无功成分和谐波含量，控制并网逆变器输出与检测到的电流相反，将负载中的谐波电流、无功电流抵消，从而使电网供电电流中不包含谐波、无功成分，减小电流畸变率，提高功率因数。

9. PEC13 矩阵式交 - 交变换器

“矩阵式交 - 交变换器”是一种交 - 交直接变换电路，采用全控型开关器件，采用双矢量 PWM 调制方式，可在功率因数接近于 1 的工况下运行。整体采用挂箱结构，面板绘有矩阵式交 - 交变换器原理框图，留有各种观测接口，控制板安装在挂箱内，控制器芯片采用 TMS320F28335。

10. PEC14 单/三相级联多电平逆变器

“单/三相级联多电平逆变器”由多个电压型两电平逆变器级联组成，采用特定谐波消除 PWM (SHEPWM) 调制和载波移相 PWM (PSPWM) 调制等多种控制策略，可获得多级电压输出和较大的输出电压，波形更接近正弦波，谐波含量少。采用挂箱结构，内部安装有控制板，独立直流电源和功率模块等，其中控制芯片采用 TMS320F28335，独立直流电源由 AC220V/AC80V 的隔离变压器输出经桥式整流滤波得到，功率模块采用 IPM 模块 IRAMX10UP60A，最高耐压 600V，最大电流 10A。面板绘有级联多电平逆变器原理框图，可通过面板上的接线端子自由组成单相七电平或单相五电平或三相三电平逆变器，留有 128*64 的液晶屏与 4*4 的键盘组成的人机接口，12 路 PWM 波形、3 路电流波形、2 路电

压波形等观测孔，以及 JTAG 接口，配有 DSP (USB2.0) 专业仿真器，用于程序的下载和烧录，还配有 25MHz/1300V，具有 1/50 和 1/500 两档衰减可供选择和超量程报警功能的示波器有源差分探头，用于对逆变器输出电压进行安全的浮地测量，防止使用示波器不当造成损坏逆变器或损坏示波器或给人身带来潜在伤害，保证了实验过程的安全性。

11. PEC14-1 三相二极管钳位三电平逆变器

三相二极管钳位三电平逆变器”采用特定谐波消除 PWM 调制、载波层叠 PWM 调制、空间矢量 PWM 调制等多种控制策略。采用挂箱结构，内部安装有控制板，IGBT 驱动模块和三电平 IGBT 模块等，其中控制芯片采用 TMS320F28335，IGBT 驱动模块，有 12 路 IGBT 驱动，每路均具有 IGBT 栅极 TVS 保护元件，12 路相互隔离 DC-DC，隔离电压 2500VAC，三电平 IGBT 模块，采用西门康(赛米控)公司的 SK20MLI066。面板绘有三相二极管钳位三电平逆变器原理框图，留有 128*64 的液晶屏与 4*4 的键盘组成的人机接口，12 路 PWM 波形、2 路电流波形、2 路电压波形等观测孔，以及 JTAG 接口，配有 DSP (USB2.0) 专业仿真器，用于程序的下载和烧录，还配有 25MHz/1300V，具有 1/50 和 1/500 两档衰减可供选择和超量程报警功能的示波器有源差分探头，用于对逆变器输出电压进行安全的浮地测量，防止使用示波器不当造成损坏逆变器或损坏示波器或给人身带来潜在伤害，保证了实验过程的安全性。

12. PEC15 光伏逆变实验组件

此光伏逆变实验组件是从加深学生对理论认知和培养学生的实际动手能力出发，并结合日常工作中典型光伏逆变电路的要求而研制的一款高性能离网/并网逆变器实验装置。主要由 DSP 控制系统，离网/并网逆变器单元，测量仪表及负载等组成，留有仿真器 JTAG 接口，配有 DSP (USB2.0) 专业仿真器，用于程序的下载、烧录和二次开发。其中测量仪表包括直流电压表，直流电流表，智能电量监测仪，其中直流电压表：分 0~5V，0~50V，0~500V 三个量程，四位半数显，精度 0.5 级；直流电流表：分 0~5mA，0~500mA，0~5A 三个量程，四位半数显，精度 0.5 级；智能电量监测仪：单相电流、电压输入，LCD 点阵式显示和一个 RS485 通讯口，用于监测电流、电压、频率、功率、功率因数、电压及电流 THD 值、电压及电流的谐波波形等，测量精度频率 0.05Hz、无功电度 1 级、其他 0.5 级。

13. PEC31 交流电机 DSP 矢量控制及调速系统 (选配挂件)

调速系统采用交直交 (AC-DC-AC) 模式，即三相交流输入先经过整流，然后逆变进行控制；DSP 开发板采用 TI 公司的 TMS320F28335 处理器；功率模块采用三菱 IPM 模块 PM25RLA120，最大输出功率 3.7kW。利用此系统可以完成交流异步电机、永磁同步电机、直流有刷电机、直流无刷电机等众多电机的实时控制实验。

(1) 主控芯片：TMS320F28335，主控板为 6 层 PCB，底板为 4 层 PCB。

(2) A/D 通道：除 DSP 本身所带的 A/D 通道外，还留有 4 路 16 位 A/D 通道，响应时间小于 6 μ s。

(3) D/A 通道：4 路 12 位的 D/A 转换通道，可编程生成任意波形，输出电压范围最大为 ± 10 V。

(4) 外扩 I/O：除 DSP 本身的 I/O 口外，还扩展了 12 路光耦隔离输出口、12 路光耦隔离输入口。

(5) 人机界面：采用 7 寸触摸屏，显示电机实时转速、频率，当前的日期、时间等。

(6) 上位机软件：通过上位机可以实现启动、停止、频率调节、给定转速调节、PID 参数设定等功能；同时可实时观测电流、速度反馈等波形。

(7) 通信接口：1 个 CAN 接口，1 个 USB 接口，1 个 10M/100M 以太网接口，方便用户扩展。

14. RML01 三相滤波器组件

采用挂箱式结构，电路由电感、电容组成，用户可以根据需要组成 LC 或 L 型滤波器。滤波器参数：电感约 9mH，电容 4.7 μ F。

15. RML02 二极管钳位式三电平 PWM 整流功率驱动保护组件

采用挂箱式结构，通过驱动与反馈信号接口实现与双 DSP 控制组件的连接，面板绘有二极管钳位式三电平 PWM 整流的原理框图及留有相电压、相电流及 12 路 PWM 波形示波器观测接口等，实验时用户可以通过面板上的直流电压给定电位器设定直流母线电压。电路安装在挂箱内，包括 IGBT 模块、驱动保护电路、采样电路及母线滤波电路等。

(1) IGBT 模块

为三电平 IGBT 模块，采用西门康(赛米控)公司的 SK20MLI066。

(2) 驱动保护电路

由 12 路 IGBT 驱动组成，每路均具有欠压保护，每路均具有 IGBT 栅极 TVS 保护元件，每路均具有电源指示、脉冲指示。内置 12 路相互隔离 DC-DC，隔离电压 2500VAC。

(3) 采样电路

采用 LEM 公司的霍尔电流、电压传感器采集电网电流、电网电压及电容直流电压信号并送到信号调理电路做算法以及保护用。

16. RML03 双 DSP 控制组件

采用挂箱式结构，为算法控制组件，具有双 DSP (TMS320F2812) 控制器，两个 DSP 控制器之间预留高速并行(双口 RAM) 通讯总线，用于高速数据交换。面板上留有 CAN 接口、USB 接口、串行接口、编码器信号接口、霍尔信号接口、驱动与反馈信号接口及仿真器 JTAG 接口。电路安装在机箱内，主要由双 CPU 板及其辅助电路，信号调理单元，转速与位置信号处理单元，PWM 驱动输出单元及通信接口单元等组成，实现反馈信号、编码器和霍尔信号处理与采样等电路。

17. DD03-8B 电机导轨

导轨上安装有 1024 线编码器，输出 A、B、Z 三个电压信号，进行速度的反馈。

18. 电机及负载

(1) DJ15 直流并励电机：额定电压 220V，额定电流 1.2A，额定功率 180W，额定转速 1600r/min

(2) HK93-1 直流无刷电机：型号 AM180L，有效值电流 0.94A，额定功率 180W，最高转速 2000r/min

(3) DJ16-2 三相交流异步电机：额定电压 380V，额定电流 1.12A，额定功率 370W，额定转速 1400r/min

(4) HK91 三相永磁同步电机：额定电压：380V，额定电流 0.35A，额定功率 180W，额定转速 1500r/min

(5) DJ13-1 直流发电机：额定电压 200V，额定电流 1.1A，额定转速 1600r/min，励磁电压 220V，与电阻箱结合做负载用。

平台三：THEAZT-3C 型 电力电子与调速系统设计/创新平台

如图 3 所示，平台三采用开放式的网孔板结构，网孔板用于安装主控制板模块，人机接口模块，信号调理模块，过零检测模块，电压、电流信号观测模块，转速测量与霍尔信号检测模块，两电平整流/逆变模块，三电平整流/逆变模块，两电平驱动模块，三电平驱动模块，母线滤波及线路保护模块。用户可以根据需要，结合双 PWM 变频技术可方便地组合成多种现代电力电子功率变换及变频调速系统。主要用于学生工程实践创新和科研。



图3 THEAZT-3C型 电力电子与调速系统设计/创新平台

其主电路拓扑结构如图4，图5所示，采用背靠背的拓扑结构，利用两组两电平（三电平）功率单元分别实现PWM整流与逆变，结合双PWM变频技术可组成多种现代电力电子功率变换及变频调速系统。具有能量转换效率高、能量双向流动，可以实现电机的四象限运行，实现电网侧输入功率因数近似为1，消除谐波污染等技术特点。

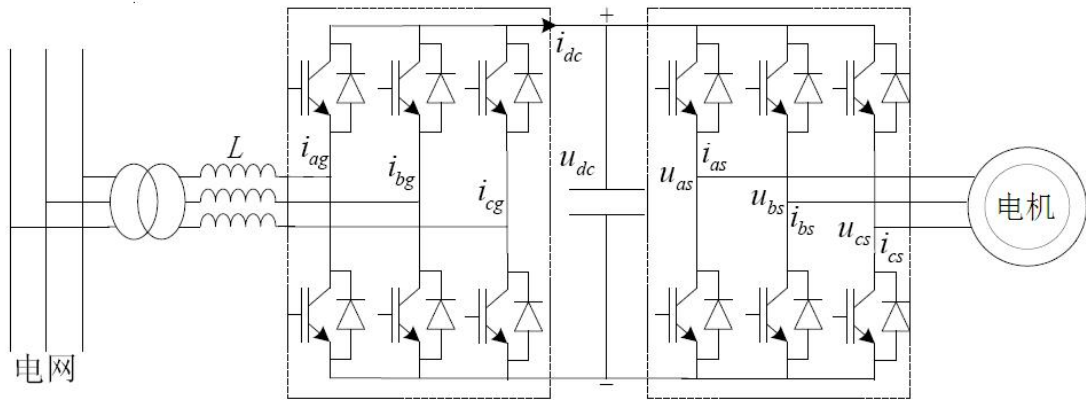


图4 THEAZT-3C型 电力电子与调速系统设计/创新平台主电路拓扑（两电平）

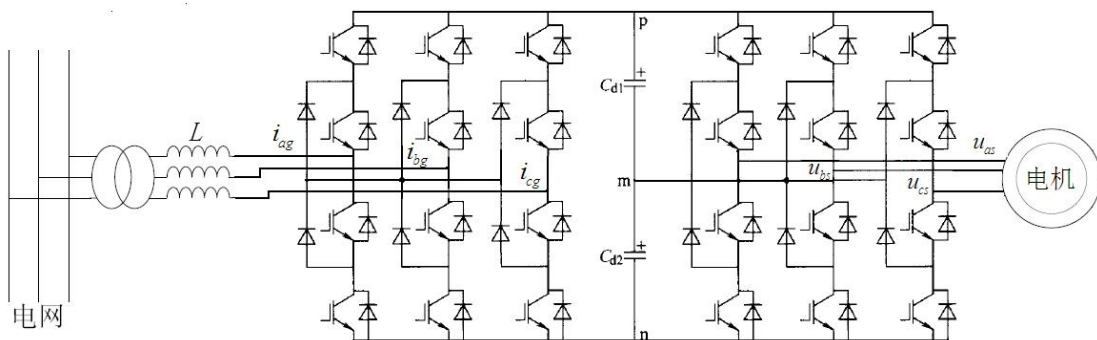


图5 THEAZT-3C型 电力电子与调速系统设计/创新平台主电路拓扑（三电平）

THEAZT-3C型 电力电子与调速系统设计/创新平台配置表

序号	型号	名称、规格说明	数量	备注
1	ZT01/ZT02	主控屏（采用金属网孔屏结构） 实验桌 1600mm×700mm×1900mm	1台	详见产品结构组成
2	PEI01	主控模块	1个	
3	PEI02	人机接口模块	1个	
4	PEI03	信号调理模块	2个	
5	PEI04	过零检测模块	1个	
6	PEI05	电压、电流信号观测模块	2个	
7	PEI06	转速测量与霍尔信号检测模块	1个	
8	PEI13	两电平整流/逆变及采样模块	2个	
9	PEI09	三电平整流/逆变及采样模块	2个	
10	PEI10	两电平驱动模块	2个	
11	PEI11	三电平驱动模块	2个	
12	PEI12	母线滤波及线路保护模块	1个	
13	DJ16-2	三相交流异步电机	1台	
14	HK91	三相永磁同步电机	1台	
15	DJ15	直流并励电机	1台	
16	DJ13-1	直流发电机	1台	

17	DD03-8B	电机导轨	1 条	
18	仿真器	DSP 实时在线仿真器 (USB2.0)	1 件	

电力电子与调速系统设计/创新平台详细介绍

1. 主控屏 (采用金属网孔板结构)

(1) 交流电源

提供三相 0~450V 可调交流电源, 同时可得到单相 0~250V 可调的交流电源 (配有一台三相同轴联动自耦调压器 (规格 1.5kVA、0~450V)。可调交流电源输出处设有过流保护装置。配有三只指针式交流电压表, 通过切换开关, 可指示三相电网电压和三相调压电压。

(2) 高压直流电源

提供 220V (0.5A) 励磁电源及 0~250V (3A) 连续可调稳压电枢电源 (具有过压、过流、过热及短路软截止自动恢复保护功能) 各一组, 并设有直流电压表两只。

(3) 单相自耦调压器、单相整流与隔离变压器

提供一只 0~250V/0.5kVA 单相交流自耦调压器, 一个单相整流滤波电路, 为相应的实验提供可调电源; 提供一个输入电压 220V/1.5A, 输出电压 220V/1.5A 的隔离变压器, 实现隔离电气隔离。

(4) 数字式智能仪表

智能数模双显直流数字电压表 (整体表) 一只

精度为 0.5 级, 测量范围为 0~±500V, 量程为 2V、20V、200V、500V, 具有自动换档和手动换档功能; 每档均有超量程告警、灯光指示功能。

指针表: 镜面指针表显示, 中零式, 反应快, 读数方便。

数显表: 四位数码管显示, 读数准确; 通过键控、数显窗口, 实现人机对话功能的控制模式; 可以贮存、记录 15 组测试结果数据, 并能逐组查询并带有计算机通信功能。

智能数模双显直流数字电流表 (整体表) 一只

精度为 0.5 级, 测量范围为 0~±5A, 量程为 20mA、200mA、2A、5A, 具有自动换档和手动换档功能; 每档均有超量程告警、灯光指示功能。

指针表: 镜面指针表显示, 中零式, 反应快, 读数方便。

数显表: 四位数码管显示, 读数准确; 通过键控、数显窗口实现人机对话功能控制模式; 可以贮存、记录 15 组测试结果数据, 可逐组查询并带有计算机通信功能。

(5) 可调电阻器

提供两组负载, 每组阻值 180~360 Ω 可调, 最大电流 1.3A。

(6) 金属网孔板

由两块金属网孔板组成, 用于安装主控制板模块, 人机接口模块, 信号调理模块, 过零检测模块, 电压、电流信号观测模块, 转速测量与霍尔信号检测模块, 两电平整流/逆变模块, 三电平整流/逆变模块, 两电平驱动模块, 三电平驱动模块及母线滤波及线路保护模块。用户可以根据需要, 结合双 PWM 变频技术可方便地组合成多种现代电力电子功率变换及变频调速系统。

(7) 滤波器

有四组相同的由电感、电容组成, 用户可以根据需要组成 LC 或 L 型滤波器。滤波器参数: 电感约 9mH, 电容 4.7μF。

2. PEI01 主控模块

具有双 DSP (TMS320F2812) 控制器, 两个 DSP 控制器之间预留高速并行 (双口 RAM) 通讯总线, 用于高速数据交换。各自都有自己的电源电路、数据存储扩展、RS232 串口和 CAN 总线接口。具有 PWM 接口电平转换芯片以及 USB 接口通讯电路等。

(1) CPU 芯片

采用两块 TI 公司的 TMS320F2812，工作频率最大可到 150MHz，内含 128K×16 位的片内 Flash 存储器，核心电压 1.8V，I/O 电压 3.3V，采用封装为 176 针 PGF。两块 DSP 之间通过双口 RAM 进行数据交换。

(2) PWM 驱动输出

分别将两个 DSP 控制器的 PWM1~PWM12 共 24 信号通过 PWM 驱动输出电路驱动输出。

(3) RS232/CAN/USB 通信接口单元。

3. PEI02 人机接口模块

主要由 240*128 的液晶屏与 4*4 的矩阵键盘组成。

4. PEI03 信号调理模块(配 2 个模块)

将采集得到的电压、电流信号经过运放 TL072 进行信号变换，输出采用 3.3V 稳压管限压。

5. PEI04 过零检测模块

通过检测三相同步信号，经光耦隔离送入 DSP，用于做整流算法或者其他算法的信号输入。

6. PEI05 电压/电流信号观测模块

电压、电流观测模块采用霍尔电压传感器电压、电流传感器实现对电压、电流的采样，方便用户通过示波器观测电压、电流信号。

7. PEI06 转速测量与霍尔信号检测模块

转速信号经高速光耦隔离送入主控制板，用于检测电机速度。霍尔信号经过光耦隔离送入主控板，用于检测直流无刷电机转子位置。

8. PEI13 两电平整流/逆变及采样模块(配 2 个模块)

分别由一个功率集成模块、电压电流采样电路及散热器。电压电流采样电路采用的霍尔电流、电压传感器采集电流、电压信号并送到信号调理电路做算法以及保护用。功率集成模块采用三菱 IPM 模块 PM25RLA120，该款智能功率模块采用绝缘基板工艺，内置优化后的栅级驱动和保护电路，非常适合用于频率高达 20kHz 功率变换场合，最大输出功率 3.7KW。

9. PEI09 三电平整流/逆变及采样模块(配 2 个模块)

分别由三个三电平 IGBT 模块、电压电流采样电路及散热器等组成，其中 IGBT 模块型号 SK20MLI066。电压电流采样电路采用的霍尔电流、电压传感器采集电流、电压信号并送到信号调理电路做算法以及保护用。

10. PEI10 两电平驱动模块(配 2 个模块)

驱动模块采用高速光耦进行电气隔离，采用专为整流/逆变且使用 IPM 模块的装置设计的开关电源，对上下桥臂单独供电，实现对桥式电路的控制。

开关电源性能指标：

(1) 输入直流：170-700V。

(2) 额定功率：60W。

(3) 输出电流：5V：2000mA；24V：2A；±15V：200mA；5V×3：150mA (IPM 上桥臂三桥每路用)；15V×1：300mA (IPM 下桥臂三桥共用)。

11. PEI11 三电平驱动模块(配 2 个模块)

主要功能描述如下：

(1) 内置 12 路 IGBT 驱动，采用 AST965，每路驱动电流均为 5A；

(2) 内置 12 路相互隔离 DC-DC，隔离电压 2500VAC；

(3) 电流源驱动方式，在同等 EMI 情况下，减小密勒效应时间，降低开关损耗；

(4) 每路均具有 VCE 检测方式的短路保护；

- (5)每路均具有欠压保护;
- (6)每路均具有 IGBT 栅极 TVS 保护元件;
- (7)每路均具有电源指示、脉冲指示;
- (8)集中的扁平线信号接口, 支持多种输入电平;
- (9)外部只需输入 1 路电源 12VDC (9-18V), 或 24VDC (18-32V)。

12. PEI12 母线滤波及线路保护模块

母线滤波电路包含启动电路、高压电容、能耗电路、接线端子等, 并采用霍尔电压传感器采集电压和 LEM 电流传感器采集电流, 经信号调理电路送入 CUP 做算法用, 也可作为保护信号用。保护电路提供过流, 过压等信号的检测, 并经快速光耦隔离提供给 CPU 做保护判断。

13. 电机机组

DJ16-2 三相鼠笼式异步电动机: 额定电压: 380V, 额定功率 370W, 额定电流: 1.12A, 额定转速 1400r/min。

HK91 三相永磁同步电动机: 额定电压: 380V, 额定功率 180W, 额定电流: 0.35A, 额定转速 1500r/min。

DJ15 直流并励电机: 额定电压 220V, 额定电流 1.2A, 额定功率 180W, 额定转速 1600r/min。

DJ13-1 直流发电机: 额定电压: 200V, 励磁电压: 220V, 额定功率: 220W, 额定电流 1.1A, 额定转速 1600r/min。

电机导轨: 安装有 1024 线欧姆龙原装编码器, 能输出 A、B、Z 三个电压信号, 可以进行速度、位置的反馈。

14. DSP 实时在线仿真器 (USB2.0)

专业仿真器, 用于 DSP 程序的仿真、开发, 应用程序的烧录; 仿真器采用 USB2.0 接口, 实现高速实时在线调试。

(三) 赛项平台软件

序号	类型	软件名称	备注
1	集成开发环境	Code Composer Studio V6.2	TMS320F2812/28335
2	串口调试助手	串口调试软件 V4.5	
3	仿真软件	MATLAB R2017A	64 位系统