

附件 2:

赛道 G 赛题说明

一、赛题 1：高压隔离 DC/DC 功率变换器

(一) 题目背景

以可再生能源为主体的新型电力系统，与以算力为核心的新一代数据中心，正成为推动能源与信息融合发展的两大核心支柱。在此背景下，直流供电系统凭借其高能效、高可靠性和易于集成等突出优势，正逐步成为未来能源互联网的重要发展方向。大功率隔离 DC/DC 变换器，是直流微网储能系统及 AI 数据中心直流供电架构中的关键技术之一。

本赛题以此类变换器为研究与设计对象，参赛团队需综合考虑效率、功率密度及不平衡负载管理能力等多重性能指标，提出兼具创新性与工程可实现性的系统方案。本赛题不仅考察学生对电力电子理论的系统理解与分析能力，更强调对实践创新、系统集成与工程设计思维的综合运用，旨在引导参赛队伍突破传统拓扑与控制策略的局限，探索适用于高压、大功率应用场景的新型变换器架构与高效控制方法，培养能够引领未来电力电子技术发展的创新型人才。

(二) 作品要求

1.设计方案要求

鼓励选择兼具创新性与可靠性的技术方案。具体要求如下：

- (1) 拓扑类型：隔离型变换器。
- (2) 能量传输方向：单向或双向。
- (3) 设计方案的额定功率：20 kW（注：设计方案基于20 kW设计。原理样机基于1 kW制作，具体要求见2.原理样机要求）。
- (4) 输入侧(高压侧)：额定800 VDC。
- (5) 输出侧：方案需同时满足图1和图2中的参考架构要求。
架构1：输出I和输出II支持不平衡负载，输出I为+400 VDC，输出II为-400 VDC；
架构2：输出III单输出带载，输出为800 VDC。
- (6) 支持10台以上并联运行。
- (7) 器件选型：不限(兼顾成本和性能的前提下，鼓励使用SiC、GaN等新型器件)。

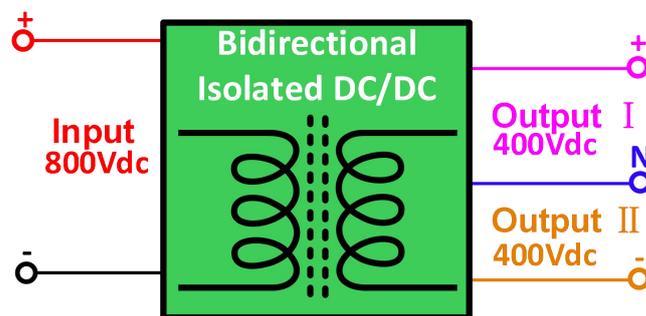


图1 参考架构示意图

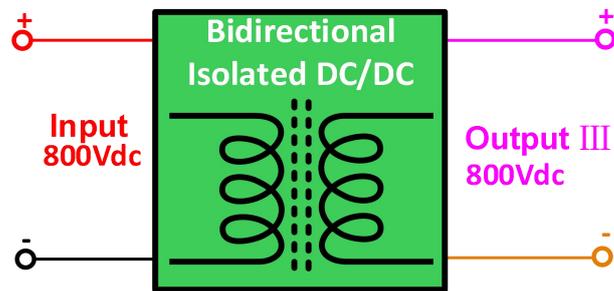


图2 参考架构示意图

2.原理样机要求:

- (1) 额定功率: 1 kW。
- (2) 输入侧 (高压侧): 额定400 VDC。
- (3) 输出侧: 架构1的双输出架构下, 输出I为+200 VDC, 输出II为-200 VDC; 架构2的单输出架构下, 输出III为400 VDC。
- (4) 需综合体现变换效率、功率密度、双向控制、不平衡负载、动态性能、绝缘耐压及成本控制等核心指标。
- (5) 样机运行、试验时不要求并联。

二、赛题2: 工业控制智能应用

(一) 题目背景

宽禁带半导体、无线传输与人工智能等技术的飞速发展, 为工业控制领域带来了前所未有的升级机遇与创新空间。

参赛作品请从工业控制产品与应用的以下几个方面来选择
一个进行研究并提供方案, 鼓励选题后着重选择一个重要指标点
提出创新性解决方案, 不要求实现所有性能。

（二）研究方向

1.无线传输应用（信息传输和能量传输任选其一）

（1）信息传输

性能指标评价以 **Ethercat** 通信协议为比较基准，不要求全部达到或超过 **Ethercat** 协议。注重方案的创新性和可实现性。主要考核指标如下：

- ①传输距离；
- ②实时性；
- ③传输速度；
- ④误码率。

（2）能量传输

含无线充电模式和无线电能实时传输模式。设计方案与理论分析以母线输出 **540 V-740 V** 为基准，原理样机制作时允许等比例降低指标差额。主要考核指标如下：

- ①传输距离： ≥ 5 cm；
- ②效率： $> 70\%$ ；
- ③带载能力：以 **400 W** 为基准；
- ④经济性。

2.低谐波整流/回馈单元有源前端（AFE）

兼顾通用性、经济实用性及创新性，方案以解决传统 AFE

“针对电网电压谐波、电网不平衡和弱电网等工况的适应性差”问题为目的，同时实现功率密度的提高。传统 AFE 内部组成及应用见图 3。

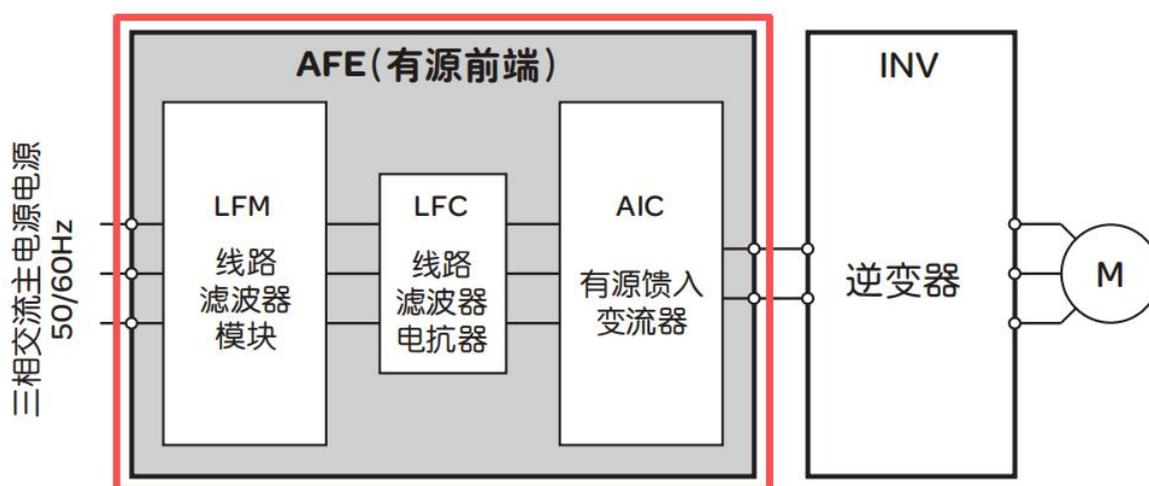


图 3 传统 AFE 内部组成及应用示意图

作品理论分析与仿真的具体指标如下(制作原理样机时允许差额实现)：

- ①输入电压：400 VAC/50 Hz；
- ②输出电流：最大 100 A；
- ③电流谐波： $\text{THDi} \leq 4\%$ ；
- ④输出侧电压：最大 770 VDC；
- ⑤分析不同电网短路比容量下的控制策略和对电网的影响。

3. 工控成套应用

针对实际工业自动化控制中存在的问题，提出解决方案并实现。例如：

①AI 智能高效物流分拣调度系统(100 轴以上智能调度控制, 着重控制逻辑、算法和上位机实现方案)；

②开放自动化应用（智能过程控制，工艺编排设计，AI 赋能控制算法）；

该题目围绕施耐德电气开放自动化平台（EcoStruxure Automation Expert, EAE），结合 AI、物联网、边缘计算等技术，开展工业场景下的智能化应用创新。请选择下表中研究方向之一，基于真实工业问题提出满足要求（要求见下文）的解决方案并实现原型系统（注：施耐德可免费提供软硬件给选择“②开放自动化应用”的参赛团队使用）：

研究方向	研究内容说明
基于 AI 视觉的缺陷检测系统	利用计算机视觉算法对产品表面缺陷进行实时识别与分类，提升质量检测效率与准确性。可结合边缘计算部署轻量化模型，通过 MQTT 实现与 EAE 平台的数据交互。
污水处理药剂投加智能控制系统	针对水质参数（pH、COD、浊度等）动态变化，构建自适应药剂投加策略模型，实现精准投加、节能降耗。系统应具备数据采集、趋势分析与闭环反馈能力。
设备故障预警系统	基于传感器数据（振动、温度、电流等），构建故障预警模型（如 LSTM、SVM、随机森林等），提前预判设备异常状态，减少非计划停机时间。

智能调度与产线 协同控制系统	面向多工位、多轴联动的复杂生产线，设计智能排程逻辑与动态调度算法，优化生产节拍、资源利用率及能源消耗。
其它	具有实际价值的工业应用场景。

- ③AI+视觉+运动控制系统应用；
- ④变频器多轴卷绕算法应用；
- ⑤变频器吊动不同负载晃动实时控制；
- ⑥多轴联动智能控制等。

（三）作品要求

1. “3.②开放自动化应用”具体要求如下：

（1）技术架构：采用双层开发架构。其中，纯软件侧需在Debian系统上独立开发算法模块、数据分析服务、AI模型推理引擎等，不直接操作硬件，仅通过标准协议与EAE通信；EAE侧编写控制器逻辑，需完成现场I/O控制、PLC程序、HMI显示等任务。

（2）核心通信规范：所有软件侧应用必须通过MQTT协议与EAE平台进行数据交换。具体如下：

① 主题命名规范示例：`eae/device/590d/status`，`eae/app/vision/detection_result`；

②数据格式建议使用JSON；

③推荐使用Mosquitto作为消息代理。

（3）运行环境

①操作系统：Debian 12；

②硬件支持：施耐德M590d数智控制器。

2.初赛可研报告需阐述相关的研究课题进展，包括选题背景、行业痛点、技术路线图等；报告的设计方案需提供文献综述或调研报告，证明方案可行性；如果方案中有算法，需提供算法流程图、伪代码、仿真结果（如波形图、误差曲线、准确率对比等）。

3.复赛初设报告需提供设计方案理论预期与实际初步实验结果的对比分析说明，包括完整的理论设计框架（含原理框图、控制逻辑图）、偏差原因及调整措施；须有配套可演示的完成度为70%的实物作品；如使用自建平台，需提交平台搭建文档、软硬件配置清单及测试视频。

若选择“3.②开放自动化应用”，其EAE通信接口设计说明中需明确MQTT主题结构、数据字段定义，提供通信时序图或日志样例，并验证软件侧与EAE之间能否正常收发指令与状态信息。

4.决赛成果报告需提供详细的最终技术方案设计，包括原理框图、整体架构图、软件控制流程图、关键算法公式推导与参数设定、仿真与实际运行对比分析、经济性评估（成本节约、效率提升等）、市场前景与推广路径分析等；须有配套可演示的最终实物作品。

若选择“3.②开放自动化应用”，可现场演示的实物系统须

能够展示从传感器输入（可用离线数据模拟）→数据处理→决策输出→控制执行→HMI反馈的全流程（可部分实现），且须提交所有源码（Git仓库链接或压缩包）、包含README文件（说明安装步骤、依赖项、启动命令）、EAE项目文件及配置说明。

说明：作品研究和开发用到多轴（3轴以上）复杂平台时，可基于同一平台供多个参赛团队搭建不同作品参赛。有搭建平台或购买施耐德产品等需求时，可与施耐德（Email: jie.liu2@se.com）联系。

三、赛题 3：配电网故障定位及自愈策略设计

（一）题目背景

随着“双碳”目标的推进与新型电力系统建设的加速，配电网正经历由传统“单向辐射型”结构向“源-网-荷-储”多元协同的智能化、分布式、高韧性网络转型。在这一过程中，分布式光伏、风电、电动汽车充电桩及柔性负荷等多元要素大量接入，使得配电网拓扑结构日趋复杂，故障形态也更加多样（如单相接地、相间短路、断线故障等）。传统依赖阈值判断与时序逻辑的保护与定位方法，在精度、实时性和自愈能力方面已显不足，难以适应新型配电网的发展需求。

当前，我国城市中压配电网年均故障停电次数依然处于高位，平均故障定位时间超过30分钟，恢复供电主要依赖人工巡线，存

在效率低、成本高、用户体验差等突出问题。与此同时，以深度学习、图神经网络（GNN）、强化学习及多智能体协同决策为代表的的人工智能技术，在处理电力系统中高度非线性、高维度和强时序特征的数据方面，正展现出显著优势与应用潜力。

本赛题聚焦中压配网“故障精准定位+智能自愈决策”，基于真实或仿真配电网数据，构建AI驱动的端到端解决方案，实现从故障发生到自动隔离、重构供电、恢复服务的全流程智能化闭环，助推配电网实现“无人值守、分钟级自愈”的演进目标。

（二）作品要求

1.设计并实现基于人工智能的中压配电网故障定位与自愈策略系统，系统需包含以下两个核心模块。

各模块具体要求如下：

（1）故障定位模块（Fault Localization Module）

随着智能电网规模不断扩大、传感终端数量激增、自动化系统全面部署，电网运行过程中产生的实时报警信息呈指数级增长。然而，报警数量的激增并未带来相应的问题识别效率提升，反而引发“报警风暴”（Alarm Flood）现象，严重影响了调度人员的决策效率与系统运维质量。请借助AI技术实现故障的精准定位，有效避免“报警疲劳”，提升故障诊断的准确性，并提供可靠的根因分析。

①输入（建议，可不限于）：配电网拓扑结构图（节点、支路（电缆、架空）、开关状态、中性点接地方式）、各节点/支路的实时量测数据（电压、电流、功率、零序电流等，采样频率 ≥ 1 Hz）、故障发生时间戳。

②输出（建议，可不限于）：精确的故障区段（支路编号）及故障类型（如 A 相接地、BC 相短路等），定位误差不超过 2 个节点（或支路）。

③其它

a.可采用图神经网络（GNN）、时空图卷积（ST-GCN）、Transformer 时序建模、多模态融合等 AI 方法；

b.需考虑故障类型单相接地故障、两相短路故障、两相接地短路故障和三相短路故障；

c.需考虑分布式电源（DG）出力波动、量测噪声、数据缺失等现实干扰；

d.支持对单点故障与多点并发故障的识别（可选）；

e.实现少量测量点状态下的精确定位（可选）；

f.实现短持续时间（持续时间 ≤ 10 ms）、高故障阻抗（故障电阻 ≥ 500 Ω ）的故障检测和定位（可选）；

g.支持多种中性点接地方式：不接地、消弧线圈接地、小电阻接地、消弧线圈并联小电阻灵活接地（可选）；

h.支持复杂故障类型：高阻接地、间歇性接地、单相断线、两相断线、三相断线等（可选）；

i.推理延迟时间： ≤ 500 ms（仿真环境下）。

（2）自愈策略生成模块（Self-healing Strategy Generation Module）

①输入：故障定位结果、当前网络拓扑、各开关状态、负荷分布、DG出力能力、线路容量约束、重要用户等级（如医院、学校）。

②输出：一组可执行的开关操作指令序列（如“合上 S12，断开 S08”），实现故障隔离与非故障区域快速恢复供电。

③其它

a.自愈策略需满足：

- 无环路（辐射状运行）；
- 不超线路热稳定容量；
- 尽可能恢复高优先级负荷；
- 操作次数最少。

b.可采用强化学习（如 DQN、PPO）、图搜索算法（A*、Dijkstra）、混合整数规划（MIP）与 AI 协同优化；

c.支持动态重构（含 DG 孤岛运行场景）；

d.自愈恢复时间： ≤ 90 s（从故障发生到恢复供电）。

2.完成以上两个模块，并实现以下系统集成与可视化（可选）

①构建端到端系统原型，支持数据输入→AI推理→策略输出→可视化展示（如 Web 界面或 Matplotlib/Plotly 动态拓扑图）；

②提供系统鲁棒性测试报告（如在 $\pm 15\%$ 量测误差、5%拓扑变化下性能变化）；

③可选接入仿真平台（如 PSCAD/EMTDC、OpenDSS、MATLAB/Simulink 等）进行闭环验证。

3.初赛可研报告的技术方案中需包含问题分析与建模思路（含数学表达与网络图示）、AI模型架构设计（含网络结构图、算法流程图）、数据预处理方法（如归一化、异常值处理、数据增强）、模型训练与调优过程（损失函数、优化器、超参数）、与传统方法（如阻抗法、行波法、D-S 证据理论）的对比分析、自愈策略的约束处理机制与优化目标设计及系统集成与测试方案说明。

4.复赛初设报告中需提供完整、注释清晰的源代码和运行说明文档 README.md。源代码可使用 PyTorch/TensorFlow/NetworkX 等开发框架，支持至少 100 组测试用例批量测试（用于评估模型的泛化能力及鲁棒性）。运行说明文档包括环境依赖（如 Python 版本、库版本）、输入输出格式、运行命令等。所有 AI 模型需为可加载格式（如.pth/.h5）。