

电力电子实训设备日常运维与教学优化研究

周益明

乌海职业技术学院 内蒙古 乌海 016000

【摘要】：高校电力电子实训普遍存在运维模式被动、常态化养护缺失等问题，叠加传统验证性实训的教学局限，设备人为损耗问题突出，硬件资源利用率偏低，难以适配工程素养培育需求。本文结合校园批量实训工况与设备模块化特性，搭建分层运维管理模式，通过课前虚拟仿真预习、实训故障案例转化、多维考核优化等手段，构建运维与教学协同提升的实施路径。研究方案可有效缓解设备损耗问题，优化实践教学体系，对高校电气类实训提质具备一定参考价值。

【关键词】：电力电子实训设备；分层运维；虚实结合；实训教学

DOI:10.12417/2705-1358.26.15.075

引言

电力电子技术是电气自动化专业核心工程课程，实训教学是衔接理论知识与岗位实操能力的关键环节。电力产业智能化升级持续推进，行业对电气专业毕业生的设备调试、隐患排查、现场运维能力提出更为细致的要求，高校实训体系亟需贴合岗位需求迭代优化。当前多数高校实训场地存在软硬件适配脱节问题，设备运维多依赖故障后抢修，常态化预防性养护流程不够完善。传统实训侧重原理验证，缺少设备规范操作与故障处置训练，现有研究多聚焦设备改造或单一教学改革，较少关注运维与教学的协同适配关系。基于上述现状，本文结合一线实训运行经验，开展运维与教学的双向优化研究，助力实践教学高质量发展。

1 电力电子实训设备日常运维的困境与成因分析

1.1 学生实操不规范，人为高频故障集中多发

高校电力电子实训设备普遍采用集成化模块化组合结构，设备内部高低压电路紧密耦合，核心功率器件对实操规范性与参数匹配精度具备较高敏感度。由于专业实训面向多班级批量开展且开课频次较高，不同学生的实操熟练度与设备认知水平存在明显差异，课堂不规范操作也因此成为设备高频故障的主要诱因。实训现场频繁出现未断电插拔导线、开机瞬间拉升输出电压、无负载匹配直接通电等典型问题，这类不当操作极易击穿 IGBT、MOSFET 等核心功率器件，进而触发设备过流、过压保护，直接造成设备短时失效^[1]。

多数学生完成实训数据记录后便结束实操流程，普遍忽略线路拆除、模块复位、设备断电散热等收尾关键环节，设备残留接线与长期带电静置的运行状态，会持续加速接线端子氧化与电解电容容量衰减，逐步积累各类隐性设备损耗。结合校内

实训运维统计数据可知，人为操作不规范引发的设备故障占比超过六成，这类重复性实操问题不仅增加设备常态化维修成本，还会造成实训课程临时调整、整体教学进度滞后等不良影响，持续干扰实训教学的有序推进。

1.2 预防性养护缺位，设备隐性老化持续累积

当前校内实训设备运维模式整体偏向被动抢修，尚未搭建适配批量实训场景的常态化预防性养护体系，设备全周期养护工作存在明显短板。在高频次实训运行过程中，设备课前缺少标准化状态核验流程，课中缺乏对设备温升、运行声响等关键工况的动态监测，课后清洁养护与模块复位工作也难以落实到位，导致设备轻微温升异常、风扇异响、波形小幅畸变等细微隐患长期被师生忽视，设备持续带隐患运行并逐步加剧整体老化程度。

实训场地长期积累的粉尘会堵塞模块散热孔，未定期紧固的接线端子会逐步增大电路接触电阻，这类隐性问题虽不会直接造成设备停机故障，但会持续降低设备散热效率与运行精度，进而产生实验数据偏差、实训波形失真等问题，直接影响学生实操训练的实际效果。与此同时，实验室尚未建立规范化设备养护台账，设备运行状态、隐患问题及养护记录均缺少可追溯依据，运维人员无法精准掌握单台设备的老化进度与运行短板，使得阶段性养护工作缺乏针对性，细微隐患最终逐步演变为难以修复的重度设备故障^[2]。

1.3 细微故障处置滞后，设备损耗持续加剧

电力电子实训设备电路结构精密，强弱电模块交叉布局的结构特点，对故障排查与日常养护的专业度提出较高要求，细微故障的识别与处置需要依托扎实的专业知识支撑。运维人员可快速处理模块烧毁、电路完全失效等显性重度故障，但对于

实训过程中频繁出现的间歇性电路保护、波形小幅偏移、端子接触不良等细微问题,往往难以做到及时排查处置,这类高频细微故障反复累积后会持续加速精密器件老化,大幅缩短设备整体使用寿命。

设备厂商提供的技术资料多聚焦整机大修、硬件更换等专业维修场景,并未针对校园批量实训场景制定简易排故与日常养护实操指引,导致校内运维工作缺少针对性实操参考。任课教师主要负责课堂教学组织与实训流程指导,学生仅专注完成既定实训任务,师生群体均未系统掌握设备自检、隐患排查与日常养护的基础方法,细微故障无法得到及时识别与处置,设备损耗因此持续累积,让整体运维工作始终处于被动补救状态,难以适配常态化、高频次的实训教学运行需求。

2 实验教学内容与方法的结构性局限

2.1 验证性实训模式固化,学生实操规范意识薄弱

现阶段高校电力电子实训课程以标准化验证性实验为核心主体,整体实训流程固定、操作步骤统一,学生只需对照指导书即可完成接线、参数调节和数据记录等全部实训任务,自主研判设备运行状态、规避实操风险的训练内容严重缺失。长期固化的实训开展模式让学生形成重实验数据、轻实操规范的片面认知,普遍忽视设备使用的标准化流程与安全操作准则,逐步养成各类不规范实操习惯^[3]。

带电接线、参数极速调节、未核对负载状态直接开机等行为在实训课堂中十分常见,这类操作短期仅会造成实验数据偏差,但长期反复出现会持续损耗设备硬件并积累运行隐患。学生因缺少常态化的设备工况辨识训练,无法精准区分设备正常运行与异常运行状态,各类细微故障隐患难以被及时发现处置,导致设备长期带隐患运行,逐步形成教学实操不规范、设备故障率高、运维压力繁重的恶性循环,严重制约实训教学提质增效。

2.2 实训内容更新滞后,设备硬件资源利用率偏低

当前高校配置的主流电力电子实训设备,普遍搭载数字控制、闭环调节、多电平变换等进阶功能,完善的硬件性能可充分支撑综合性、设计性、工程性实训项目的开发与开展,但日常实训教学内容长期局限于基础整流、斩波、逆变等简单验证实验,设备高阶功能长期处于闲置状态,优质硬件资源的教学价值无法充分发挥。

实训内容的更新节奏明显滞后于设备硬件的升级节奏,学生仅接触基础实操项目,对设备参数安全阈值、功能应用边界、高危运行场景的认知较为片面,实操过程中容易出现参数超标、高阶功能误用等问题,进而诱发各类隐性设备故障。设备高阶功能的长期闲置不仅造成硬件资源的严重浪费,还导致学

生实训内容与行业主流技术发展脱节,大幅降低实践育人的针对性与实效性,同时引发教学内容与设备运维需求适配度不足的问题,制约实训体系的整体优化升级。

2.3 故障实训内容缺失,实训考核体系不够完善

现有实训课程仅围绕标准工况开展规范化实验训练,完全缺失设备异常排查、故障分析、简易修复等贴合工程实际的实操内容,使得实训教学体系存在明显短板。当实训过程中出现波形畸变、电路保护动作、设备无输出等常见故障问题时,授课教师或运维人员会直接完成排查修复工作,学生全程参与度极低,无法积累基础的现场故障研判与处置经验,导致学生岗位适配所需的工程实操与设备运维能力存在明显欠缺。

现有课程考核体系设计较为单一,仅以实验数据精准度、实训报告完成质量作为核心评价依据,未将设备规范操作、课后设备归位、基础故障自查等实操细节纳入考核维度。片面的考核导向难以引导学生重视设备运维细节,各类不良实操陋习无法得到有效纠正,设备人为损耗问题难以从教学源头管控,整体实训育人模式也因此仅侧重理论知识验证,在学生工程素养与设备养护意识的培育方面存在明显缺失。

3 运维与教学协同优化的实践路径

3.1 依托模块化结构,构建分层主体运维机制

为适配校园批量实训的开展场景、针对性解决设备运维乱象,本文依托实训设备模块化独立布局的结构优势,搭建分主体、分层级的常态化运维管理模式。设备电源、驱动、控制、主电路模块相互独立的布局特性,能够实现故障模块的单独管控与针对性养护,从运行源头降低设备整体故障的发生概率,有效改善传统运维模式被动滞后的突出问题^[4]。

该模式清晰划分不同主体的运维责任,单次实训结束后由学生完成基础运维工作,通过拆除实训接线、清理操作台杂质、复位设备模块开关、断电静置散热等操作落实基础养护工作。实验室管理人员按月开展专项预防性养护,重点完成松动端子紧固、散热通道清理、电容与功率器件性能抽检等工作,提前排查各类隐性运行隐患。针对课堂突发的模块损坏问题,团队采用备用模块快速替换的方式保障课程正常推进,损坏模块统一进行离线检修,最大限度缩短设备停机时长,实现设备运行状态的全程可控。

3.2 前置仿真实训环节,降低实物设备实操损耗

学生实操经验不足、参数把控精准度欠缺,是实物设备产生高频人为损耗的核心原因。为有效规避课堂盲目实操带来的设备损伤,本文将虚拟仿真训练前置为课前核心预习环节,学生课前依托仿真平台完成电路搭建、参数调试与标准波形观测,能够提前熟悉完整实训流程,清晰掌握设备安全参数范围,

精准识别各类易错操作环节,从实操源头降低设备故障发生概率。

针对大功率逆变、多电平变换等实操风险高、设备损耗量大的实训项目,本文采用仿真与实物相结合的拆分训练模式平衡教学质量与设备运维压力。研究将复杂拓扑结构解析、极限工况调试、高危参数测试等易损耗实操内容统一依托虚拟仿真平台完成教学,实物实训环节仅保留核心器件特性测试、关键波形观测等基础实操内容,这种分层训练模式可在保障学生掌握完整知识体系的基础上,大幅减少无效实操带来的设备损耗,实现实训教学与设备养护的双向兼顾。

3.3 转化现场故障资源,补齐实训教学内容短板

实训课堂日常产生的各类设备故障贴合学生实操场景、适配本科实训教学难度,具备极强的校本教学转化价值,可有效弥补现有实训教学内容的短板。实验室可定期梳理实训高频故障案例,重点收录整流波形异常、斩波电路无输出、逆变电路保护锁定、端子接触不良等典型问题,系统归纳各类故障的外在现象、核心诱因与标准化排查流程,整理形成专属实训教学素材库。

在此基础上,教师可在常规实训课后、课程设计等教学环节增设轻量化故障排查实操任务,引导学生自主分析故障成因、分步完成简易设备修复操作。沉浸式的故障实操训练能够让学生直观认知不规范操作对设备的损伤影响,促使学生主动规范自身实训行为,真正实现运维问题向教学资源的有效转化,补齐现有实训体系故障训练缺失的短板,同步提升学生实

操能力与设备养护综合素养^[5]。

3.4 优化实操规范与考核细则,实现运维教学双向适配

为进一步实现运维与教学的双向适配、协同优化,本文结合课堂实训高频出错环节针对性细化设备实操规范,从实训场景层面约束学生实操行为。研究通过梳理学生接线错乱、参数超调、开关机流程不规范等典型问题,制作标准化实操提示标识并张贴于各实训操作台,明确实操流程与参数安全边界,同时对实训考核评价体系进行优化升级,在原有理论与数据考核的基础上新增设备规范操作、课后场地整理、基础故障自查等实操评分指标,丰富考核评价维度。

多元化的考核机制可正向引导学生规范实训行为,帮助学生逐步养成爱护设备、标准实操的良好习惯。学校可每学期收集师生实训反馈意见,结合实际教学需求动态微调实训项目设置与设备运维流程,让运维方案精准适配课堂教学需求,让实训内容充分贴合设备硬件优势,彻底打通运维保障与教学实施的衔接壁垒,实现二者同步优化、协同提质。

4 结语

本文针对高校电力电子实训软硬件适配不足的现实问题,结合实训设备运维短板与课堂教学结构性缺陷,搭建适配校园实训场景的分层运维机制,结合虚实结合实训改革、故障案例教学与多维考核优化策略,构建运维与教学协同改进的完整方案。系列优化手段可有效改善设备运行状态,降低实训人为损耗,丰富工程实践教学内容,循序渐进提升学生实操能力与设备养护综合素养。

参考文献:

- [1] 刘燕,王关平,杨婉霞,等.虚拟仿真在混合式教学中的应用研究——以“电力电子技术”课程为例[J].大众科技,2023,25(9): 89-91+84.
- [2] 王丹丹,王灿,赵飞,等.“学研一体”电力电子技术实验教学研究[J/OL].实验科学与技术,1-8[2026-09-04].
- [3] 叶舒,张峰,晏国华.基于深度学习的多电平变换器故障诊断教学案例研究[J].实验室研究与探索,2023,42(12):112-116.
- [4] 夏岩,熊兴中,黄桂平,等.新工科背景下基于半实物仿真的电力电子技术教学改革与实践[J].创新创业理论研究与实践,2024,7(9): 49-52.
- [5] 李松,蔡香香,周建洪.“线上线下融合式”电力电子技术实验教学改革[J].中国冶金教育,2026,(1):75-79.