

作者：机电工程系 王立鹏

适用课程：自动控制原理

《洛阳一拖（大拖）AGV 底盘转运车系统设计》

摘要：AGV 转运车是近年来发展起来的高科技生产自动化设备。自动引导车 (AGV) 是自动化物流系统的关键组成部分。该设备的显著之处在于能够经过程序设置独立地执行所有既定的作业流程。它的设计和函数结合了人工与机械的长处, 在适应多变任务方面展示出类似人脑的智慧和灵活性。设计任务是基于 PLC 的 AGV 底盘转运车系统设计。针对不同地点的货物运输, 例如对 A 地和 B 地进行分拣。磁条电机动作, 检查到运输位, 自动进行扫码判断目的地, 机械手响应后自动进行抓取动作, 抓取至上升位后, 自动移动至 AGV 转运车上方, 放下货物后, AGV 磁条电机进入预定路径, 自动运行至目的地, 达到后自动回原点, 等待下一个循环。采用三菱公司小型系列 FX3U PLC, 运行稳定, 自动实现 AGV 转运车功能。同时 AGV 转运车有手动功能, 故障异常发生时, 可以将系统转至手动模式, 对 AGV 转运车进行前后左右移动。整体上, 转运车动作满足初始设计要求。

关键词：AGV 转运车、可编程控制器、自动分拣

一、背景介绍

基于 PLC 的 AGV 底盘转运车系统设计可针对不同地点的货物进行运输转运, 可用于自动动控制原理课程讲授自动控制系统的分析, 由此案例进行提炼, 设计满足自动控制原理课程使用的项目-大拖公司 AGV 线性系统的时域分析。

二、项目案例

（一）项目案例内容

项目案例来源于装备制造产业学院合作企业-“中国一拖”。

项目案例为大拖公司 AGV 底盘转运车系统设计,该案例在自动控制原理课程中主要用于设计项目 3 大拖公司 AGV 线性系统的时域分析,授课项目 3 分为两个子项目,分别为子项目 1: 时域指标分析、子项目 2: 稳定性及误差分析。

其工作流程为:针对不同地点的货物运输,例如对 A 地和 B 地进行分拣。磁条电机动作,检查到运输位,自动进行扫码判断目的地,机械手响应后自动进行抓取动作,抓取至上升位后,自动移动至 AGV 转运车上方,放下货物后,AGV 磁条电机进入预定路径,自动运行至目的地,达到后自动回原点,等待下一个循环。采用三菱公司小型系列 FX3U PLC,运行稳定,自动实现 AGV 转运车功能。同时 AGV 转运车有手动功能,故障异常发生时,可以将系统转至手动模式,对 AGV 转运车进行前后左右移动。整体上,转运车动作满足初始设计要求。

（二）关键点

项目案例的关键是将学科体系的知识点、技能点打散,重构到依据案例设计的项目中,保证学科的系统性和完整性。以这个项目为载体,按照工作过程系统化的方式进行教学,培养学生自动控制系统分析的能力。

案例教学中的关键知识点、技能点、态度点如下:

★K28: 掌握典型输入信号

- ★K29: 掌握时域性能指标
- ★K30: 理解一阶系统的数学模型
- ★K31: 掌握一阶系统的单位阶跃响应
- ★K32: 掌握一阶系统的单位脉冲响应
- ★K33: 掌握一阶系统的单位斜坡响应
- ★K34: 掌握控制模拟实验的基本原理
- ★K35: 掌握控制模拟实验的一般方法
- ★K36: 掌握控制系统时域性能指标的测量方法
- ★K37: 掌握二阶系统的数学模型
- ★K38: 掌握二阶系统的单位阶跃响应
- ★K39: 掌握欠阻尼二阶系统的动态过程分析方法
- ★K40: 掌握改善二阶系统性能常用方法
- ☆K41: 理解高阶系统
- ★K42: 掌握高阶系统的降阶处理
- ☆K43: 理解阻尼比 ξ 对系统动态性能的影响
- ☆K44: 理解无阻尼自然频率 ω_n 对系统动态性能的影响
- ★K45: 掌握根据阶跃响应曲线确定传递函数的方法
- ★K46: 掌握稳定性的基本概念
- ★K47: 掌握稳定的充分必要条件
- ★K48: 掌握代数稳定性判据（劳斯判据） ☆K49: 了解劳斯判据的特殊情况
- ☆K50: 了解劳斯判据的应用

- ★K51: 掌握控制系统稳定性的工作原理
- ★K52: 掌握等幅振荡、增幅振荡、减幅振荡的成立条件
- ☆K53: 了解误差的定义
- ★K54: 掌握给定输入下的稳态误差的求取方法
- ★K55: 掌握不同输入信号下的稳态误差
- ★K56: 理解扰动作用下的稳态误差
- ★S5: 能够求取系统的传递函数
- ★S6: 能够进行时域性能指标的测量
- ★S7: 能够构建数学模型
- ★S8: 能够对高阶系统进行降阶处理
- ★S9: 能够确定系统的传递函数
- ★S10: 能够应用劳斯判据
- ★S11: 能够求取线性系统的稳态误差
- ★A2: 严肃认真
- ★A3: 合作意识
- ☆A4: 创新意识
- ★A5: 环保意识

(三) 教学使用

本项目共有 14 个课点, 分别为: 课点 11: 线性系统的时域性能指标; 课点 12: 一阶系统的时域分析; 课点 15: 二阶系统的时域分析; 课点 16: 欠阻尼二阶系统的动态过程分析; 课点 17: 二阶系统的性能改善; 课点 18: 高阶系统的时域分析; 课点 21: 线性系统稳定的充分必要条件; 课

点 22：劳斯判据；课点 25：控制系统的稳态误差；课点 26：静态误差系数法；课点 13：控制模拟实验的基本原理和一般方法；课点 14：控制系统时域性能指标的测量方法；课点 19：阻尼比 ξ 和无阻尼自然频率 ω_n 对系统动态性能的影响；课点 20：根据阶跃响应曲线确定传递函数；课点 23：控制系统稳定性的工作原理；课点 24：等幅振荡、增幅振荡、减幅振荡的成立条件。

前 10 个课点支撑教学目标 3，后 6 个课点支撑教学目标 4。

项目案例教学过程中所应用的教法主要有讲授法、案例教学法、启发式教学法，以任务目标为单位进行考核。

在子项目 1：时域指标分析中，S7：能够构建数学模型是比较高阶的能力，在对知识点进行讲解是需要学生具备一定的建模能力，此时进行授课的基础模型来自项目，学生通过项目给定的模型锻炼建模能力；在课点 11：线性系统的时域性能指标中的 K28：掌握典型输入信号讲解中，嵌入项目实际中应用的开关量即为典型输入信号中的单位阶跃信号。

在子项目 2：稳定性及误差分析中，讲解课点 21：线性系统稳定的充分必要条件中的 K46：掌握稳定性的基本概念时，嵌入项目实际中的 AGV 小车在运行中满足何种条件才能判定其运行稳定，进而让学生加深对稳定性的基本概念的掌握、在课点 26：静态误差系数法中的 K56：理解扰动作用下的稳态误差时，以实际现场的例子让学生理解扰动作用下的稳态误差等。

在综合应用方面，对系统的整体分析和误差的计算分别给定案例的模型。由于该项目产出为三个实验项目，通过对案例涉及的概念和逻辑的讲

解，带领学生梳理实验时的标准和流程，进而完成实验项目，从认识论和方法论出发，培养学生一定的科学观。

该项目案例培养学生根据所学知识解决实际问题，可以保证三级矩阵学习产出的达成。教学效果较好。

（三）其他相关说明和附件

项目三级矩阵

《项目 3：大拖公司 AGV 线性系统的时域分析》矩阵（三级矩阵）

项目 课点		教学目标 1： 掌握经典控制理论中的时域分析方法，能够对控制系统的性能进行分析设计与优化改进，培养学生严肃认真的态度、合作意识和创新意识。	教学目标 2： 能够安全地开展实验、正确采集数据、综合分析实验结果，以分析报告形式呈现有效的实验结论，培养学生严肃认真的态度、环保意识、创新意识和合作意识。	学法	教法	教学安排	
						开课周数	学时
子项目 1 时域指标分析	课点 11 线性系统的时域性能指标	★K28：掌握典型输入信号 ★K29：掌握时域性能指标 ☆A3					
	课点 12 一阶系统的时域分析	★K30：理解一阶系统的数学模型 ★K31：掌握一阶系统的单位阶跃响应 ★K32：掌握一阶系统的单位脉冲响应 ★K33：掌握一阶系统的单位斜坡响应 ★S5		1. 预习陈述 2. 巩固作业 3. 案例分析	1. 讲授法 2. 案例教学法 3. 启发式教学法	三	2（2/0）
	课点 13 控制模拟实验的基本原理和一般方法		★K34：掌握控制模拟实验的基本原理 ★K35：掌握控制模拟实验的一般方法 ★A2 ★A3 ☆A4：创新意识 ★A5：环保意识	1. 预习实验手册 2. 掌握实验原理 3. 掌握实验要领 4. 锻炼动手能力	1. 讲授法 2. 启发式教学法	四	2（0/2）
	课点 14 控制系统时域性能指标的测量方法		★K36：掌握控制系统时域性能指标的测量方法 ★S6：能够进行时域性能指标的测量				
	课点 15 二阶系统的时域分析	★K37：掌握二阶系统的数学模型 ★K38：掌握二阶系统的单位阶跃响应 ☆A2 ☆A3		1. 预习陈述 2. 巩固作业 3. 案例分析	1. 讲授法 2. 案例教学法 3. 启发式教学法	五	2（2/0）

		★S7: 能够构建数学模型		1. 预习陈述 2. 巩固作业 3. 案例分析	1. 讲授法 2. 案例教学法 3. 启发式教学法	五	2 (2/0)
	课点 16 欠阻尼二阶系统的 动态过程分析	★K39: 掌握欠阻尼二阶系统的动态过程分析方法					
	课点 17 二阶系统的性能改善	★K40: 掌握改善二阶系统性能常用方法					
	课点 18 高阶系统的时域分析	☆K41: 理解高阶系统 ☆A3 ★K42: 掌握高阶系统的降阶处理 ★S8: 能够对高阶系统进行降阶处理					
子项目 2 稳定性及 误差分析	课点 19 阻尼比 ξ 和无阻尼 自然频率 ω_n 对系统 动态性能的影响		☆K43: 理解阻尼比 ξ 对系统动态性能的影响 ☆K44: 理解无阻尼自然频率 ω_n 对系统动态性能的影响	1. 预习实验手册 2. 掌握实验原理 3. 掌握实验要领 4. 锻炼动手能力	1. 讲授法 2. 启发式教学法	六	2 (0/2)
	课点 20 根据阶跃响应曲线 确定传递函数		★K45: 掌握根据阶跃响应曲线确定传递函数的方法 ★A2 ★A3 ☆A4 ★A5 ★S9: 能够确定系统的传递函数				
	课点 21 线性系统稳定的充 分必要条件	★K46: 掌握稳定性的基本概念 ★K47: 掌握稳定的充分必要条件 ☆A3 ☆A4		1. 预习陈述 2. 巩固作业 3. 案例分析	1. 讲授法 2. 案例教学法 3. 启发式教学法	七	2 (2/0)
	课点 22 劳斯判据	★K48: 掌握代数稳定性判据 (劳斯判据) ☆K49: 了解劳斯判据的特殊情况 ☆K50: 了解劳斯判据的应用					

		★S10: 能够应用劳斯判据					
	课点 23 控制系统稳定性 的工作原理		★K51: 掌握控制系统稳定性的 工作原理 ★S10: ★A2 ★A3 ☆A4 ★A5	1. 预习实验手 册 2. 掌握实验原 理 3. 掌握实验要 领 4. 锻炼动手能 力	1. 讲授法 2. 启发式 教学法	七、八	2 (0/2)
	课点 24 等幅振荡、增幅震 荡、 减幅振荡的成立条 件		★K52: 掌握等幅振荡、增幅振荡、 减幅振荡的成立条件				
	课点 25 控制系统的稳态误 差	☆K53: 了解误差的定义 ★K54: 掌握给定输入下的稳态误差 的求取方法 ☆A2		1. 预习陈述 2. 巩固作业 3. 案例分析	1. 讲授法 2. 案例教 学法 3. 启发式 教学法	八	2 (2/0)
	课点 26 静态误差系数法	★K55: 掌握不同输入信号下的稳态 误差 ☆A3	★K56: 理解扰动作用下的稳态误 差 ★S11: 能够求取线性系统的稳态 误差				
学习产出及测量标准（以任务目 标为单位进行考核）		1. 团队完成本项目涉及的三个实验项目，要求见第四部分考核评价第（7）条要求，评分 60 分以上为合格； 2. 绘制本项目的思维导图并总结线性系统时域分析的目标和流程，上传学习通相应区域，要求如下： （1）绘制出本项目相应知识点的思维导图，知识点准确，逻辑清晰。评分 80 分及以上即为合格； （2）总结线性系统时域分析的目标和流程，绘制流程图。评分 80 分及以上即为合格； （3）格式正确，个人独立完成，无抄袭雷同现象。否则判定为不合格。					

注：K-knowledge 知识点；S-skill 技能点；A-attitude 态度点