طرح اولیه‌ی دستورکار آزمایشگاه مکاترونیک

تهیه کنندگان: دکتر مهدی علیاری و دکتر مهدی دلربائی
دیماه ۱۳۹۵

۱. اطلاعات کلی

اطلاعات و دستورکار پیشنهادی در این مجموعه شامل مقدمات و دستورالعمل هایی ست که با هدف کمک به یادگیری دانشجویان کارشناسی ارشد مکاترونیک با پیشینه ی مهندسی مکانیک و درک بهتر مفاهیم ارائه شده در درس مکاترونیک یک گردآوری شده اند. این طرح به همت اعضای گروه مهندسی مکاترونیک دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی در زمستان ۱۳۹۵تنظیم شده و به طور آزمایشی در نیمسال دوم ۹۶-۱۳۹۵ در دانشکده مهندسی برق این دانشگاه اجرا خواهد شد.

درس مکاترونیک یک از دروس اصلی رشته مکاترونیک است که در امتداد دروس این رشته در سال اول دوره کارشناسی ارشد مهندسی مکاترونیک و به منظور آشنایی دانشجویان با طراحی، ساخت و ارزیابی عملکرد سیستم های مکاترونیکی صنعتی برنامه ریزی شده است.

در طرح پیشنهادی دانشجویان در کنار شرکت در کلاس درس در دوازده جلسه آزمایشگاه نیز حضور خواهند داشت و نمره پایانی با در نظرگرفتن فعالیت آزمایشگاهی و امتحان پایان ترم درس محاسبه خواهد شد.

۲. تجهیزات

تجهیزات موجود در آزمایشگاه مکاترونیک دانشکده برق به شرح زیر است:

- سیستم آزمایشگاهی مدارهای الکترونیکی
- سیستم آزمایشگاهی کنترل سرعت
- سیستم آزمایشگاهی کنترل موقعیت
- سیستم آزمایشگاهی کنترل حرارت
- سیستم آزمایشگاهی پاندول هوایی
- بسته ی آموزشی LEGO Mindstorms® EV3
- پرینتر سه بعدی

۳. سرفصل ها

سرفصل‌های پیشنهادی برای دوازده جلسه آزمایشگاه مورد نظر به شرح زیر است:

- جلسه معرفی: مرور اصول ایمنی و مقررات آزمایشگاه، آشنایی با سیستم‌های آزمایشگاهی موجود در آزمایشگاه مکاترونیک، آشنایی با بسته‌ی آموزشی LEGO Mindstorms® EV3

- **آزمایش اول:** مروری بر مفاهیم اولیه الکترونیک شامل: منابع جریان مستقیم و متناوب، ابزارهای اندازه گیری، اسیلوسکوپ، دیودها، ترانزیستورهای BJT وMOSFET و تقویت کننده های عملیاتی.
- **آزمایش دوم:** مروری بر مفاهیم اولیه حسگرها، اصول کار با حسگرهای ساده، مدارهای راه انداز حسگر، حسگرهای موقعیت (کلید، پتانسومتر، انکودر)، حسگرهای سرعت (انکودرهای افزایشی).
- **آزمایش سوم:** مروری بر مفاهیم اولیه عملگرها، اصول کار با عملگرهای ساده، مدارهای راه اندازعملگر، تولید پالس PWM، کنترل سرعت موتور DC.
- **آزمایش چهارم:** مروری بر اصول کار پرینترهای سه بعدی، آشنایی با مواد اولیه و نرم افزار واسط، ساخت نمونه اولیه.
- **آزمایش پنجم:** آشنایی با نرم افزارهای شبیه سازی عملکرد مدارهای الکترونیکی از جمله Micro-Cap، مروری بر نرم افزارهای مدل سازی سیستم های مکاترونیکی به روش گراف باند از جمله 20-sim.
- **آزمایش ششم:** اصول سروموتورها، کنترل موقعیت، شناسایی سیستم های سروموتور، کنترل خطی و غیرخطی سروموتورها، کنترل گشتاور
- **آزمایش هفتم:** کنترل موقعیت موتورهای خطی، حسگرهای کنترل موقعیت خطی، کنترل عملگرها از طریق نرم افزار MATLAB
- **آزمایش هشتم:** کنترل حرارت، پیاده سازی کنترل کننده های On-Off، PID وFuzzy-PID.
- **آزمایش نهم:** آشنایی با عملکرد هلیکوپترها و هواپیماهای عمودپرواز، شبیه‌سازی دینامیک حرکتی یک درجه آزادی، کنترل تعادل
- **آزمایش دهم (پروژه اول):** طراحی و پیاده سازی نیروسنج به کمک strain gauge؛ مجهز به آمپلی فایر و نمایشگر، تهیه گزارش فنی.
- **آزمایش یازدهم:** مباحث منتخب از جمله آشنایی با عملگرهای توان بالا و آشنایی با کنترل کننده های منطقی برنامه پذیر(PLC).
- **آزمایش دوازدهم (پروژه دوم):** ساخت و کنترل یک ربات موازی به کمک بسته ی آموزشی LEGO Mindstorms® EV3

٤. پیوست ها

پیوست یک: بسته ی آموزشی مدارهای الکترونیکی

شرکت بین‌المللی الکترونیک
رایـــــان نیـــــک

RN-ELC+

Training System for
Electric & Electronic Circuits

سیستم آموزشی RN-ELC+ مجموعه‌ای است تخصصی جهت آموزش مباحث آزمایشگاه‌های مدارهای الکتریکی (مدار) و مدارهای الکترونیکی (الکترونیک ۱ و ۲) که بر مبنای سر فصل مصوب این ۳ آزمایشگاه طراحی و ساخته شده است.

روابط حاکم بر مدارهای الکتریکی متشکل از مقاومت، خازن و سلف، مدارهای دیودی و مدارهای ترانزیستوری محور اصلی آزمایش‌های RN-ELC+ می‌باشد.

جهت سهولت در کار، یک واحد منبع تغذیه ثابت و متغیر به همراه فانکشن ژنراتور موجهای سینوسی، مربعی، مثلثی و TTL در اختیار کاربر قرار گرفته است. هم چنین یک عدد مولتی متر نیز جهت تسریع در اندازه‌گیری و ثبت نتایج به دستگاه اضافه شده است.

یکی از قابلیت‌های ویژه این مجموعه آموزشی مجهز بودن به سیستم کروتریسر است که با استفاده از آن کاربر قادر به مشاهده منحنی مشخصه دیود و ترانزیستور جهت طراحی بهینه مدار خواهد بود.

به منظور حمل و نقل ساده‌تر و محافظت قطعات روی بورد، این دستگاه در محفظه‌ای پرتابل طراحی شده است که باعث کاهش وزن مجموعه و در نتیجه افزایش عمر و دوام کالا شده است.

همچنین بردبوردی جهت تشکیل مدارهای دلخواه و ارتباط با بلوک‌ها، در این مجموعه قرار داده شده است.

متعلقات

- ۴۰ رشته کابل ارتباطی (RN-E907)
- پروب فانکشن ژنراتور (RN-E909)
- پروب مولتی متر (RN-E910)
- کابل برق
- CD شامل دفترچه راهنما و دستور کار

مشخصات فنی

- **مجموعه آزمایشگاه مدارهای الکتریکی و الکترونیکی (مدار و الکترونیک)**
- **منبع تغذیه + فانکشن ژنراتور مولتی متر دیجیتالی + کروتریسر**
- **شامل آزمایشهای کامل الکترونیک و مدار**
- **دفترچه راهنما شامل تئوری الکترونیک و مدار ، شرح آزمایشها ، مدارها ، سیگنالها و نتایج**
- **پرتابل (قابل حمل با کیف مخصوص)**

سیستم آموزشی مدارهای الکتریکی و الکترونیکی مدل RN-ELC+

مشخصات

- منبع تغذیه ثابت ۱۲+/۵+/۵-/۱۲- ولت
- منبع تغذیه متغیر ۰ تا ۲۰+ و ۰ تا ۲۰- ولت
- مولتی متر و فانکشن ژنراتور
- کرو تریسر جهت نمایش منحنی مشخصه دیود و ترانزیستور
- مدارهای مقاومتی، آرایشهای ستاره و مثلث، پل وتستون
- مدارهای RC، RL و RLC سری و موازی
- مدارهای کلیپر، کلمپر، رکتیفایر و رگولاتورهای دیودی
- تقویت کننده های امیتر مشترک ، بیس مشترک و کلکتور مشترک
- تقویت کننده‌های سورس مشترک، گیت مشترک و درین مشترک
- تقویت کننده چند طبقه با کوپلاژ خازنی و ترانسفورمری
- مدارهای فیدبک منفی و مثبت
- تقویت کننده‌های تفاضلی و عملیاتی

آزمایش‌ها

- بررس قانون اهم، اصل جمع آثار و مدارهای مقاومتی
- بررسی قانون ولتاژها و جریان های کریشهف
- بررسی پل وتستون و تبدیلات ستاره-مثلث مقاومتی
- بررسی مدارهای RC، RL و RLC سری، موازی و مختلط
- بررسی مدارهای انتگرال گیر و مشتق گیر
- اندازه گیری امپدانس داخلی منابع و مدارهای تطبیق امپدانس
- آشنایی با دیودها و بررسی مشخصات آنها
- مدارهای کلیپر، کلمپر و چند برابر کننده‌های دیودی
- یکسوسازهای دیودی نیم موج، تمام موج پل و تمام موج ترانس سر وسط
- بررسی انواع مدارهای بایاسینگ ترانزیستور BJT
- بررسی عملکرد تقویت کننده های امیتر مشترک، بیس مشترک و کلکتور مشترک
- زوج دارلینگتون و مدارهای سونیچینگ ترانزیستوری
- آشنایی با ترانزیستورهای JFET و MOSFET
- بررسی عملکرد تقویت کننده های سورس مشترک ، گیت مشترک و درین مشترک
- تقویت کننده چند طبقه با کوپلاژ مستقیم ، خازنی و ترانسفورمری
- بررسی فیدبک منفی بر عملکرد تقویت کننده ها
- بررسی اسیلاتورهای کولپیتس و هارتلی (فیدبک مثبت)
- بررسی تقویت کننده پوش پول
- بررسی عملکرد تقویت کننده تفاضلی در مدهای مشترک و تفاضلی
- بررسی رگولاتورهای ولتاژ ثابت و متغیر زنری و ترانزیستوری
- بررسی مدارهای معکوس کننده، غیر معکوس کننده ، جمع کننده، تفریق کننده و بافر مبتنی بر تقویت کننده عملیاتی 741
- بررسی عملکرد تایمر 555
- نمایش منحنی مشخصه دیود و ترانزیستور به کمک کروتریسر

پیوست دو: سیستم آزمایشگاهی کنترل سرعت

ES-SCS10 - Speed Control System
محصول شرکت دانش بنیان فناوران مکانیک و الکترونیک نصیر

معرفی

دستگاه کنترل سرعت نامیک ابزاری آموزشی بر اساس سیستم‌های صنعتی کنترل سرعت مانند دستگاه های نورد و برش، رنگ‌آمیزی، برخی ماشینهای CNC و تجهیزات پرکن است. در عمل این دستگاه می تواند یک سیستم سرو سرعت باشد. در این دستگاه سرعت یک موتور جریان مستقیم از طریق ولتاژ آن کنترل و بار متصل به موتور از طریق یک ژنراتور جران مستقیم به موتور اعمال می‌گردد. با تغییر میزان بار موتور از طریق ژنراتور شرایط مختلفی برای کنترل دستگاه به وجود خواهد آمد.

اجزای تشکیل‌دهنده

- موتور و ژنراتور مجهز به حسگر شفت انکودر کوادریچر
- نمایشگر کریستال مایع
- ابزارهای کنترلی
- اتصالات کنترل‌کننده‌های خارجی

نحوه کارکرد

- اعمال بار به‌صورت سیستماتیک و کنترل‌شده
- کنترل ولتاژ موتور به‌صورت دستی، کامپیوتری و آنالوگ به External
- کنترل گشتاور ژنراتور به‌صورت دستی، کامپیوتری و آنالوگ به External

مشخصات فنی

مشخصه	مقدار
ابعاد دستگاه	31x25x28 سانتی متر
ولتاژ نامی موتور	۱۲ ولت
توان موتور	۶ وات
حداکثر سرعت موتور	۶۰۰۰ دور بر دقیقه
گشتاور حداکثر موتور	۸ نیوتون میلی‌متر
جریان نامی موتور	۰,۵ آمپر
توان ژنراتور	۶ وات
حداکثر سرعت ژنراتور	۶۰۰۰ دور بر دقیقه
گشتاور حداکثر ژنراتور	۸ نیوتون میلی‌متر
تفکیک‌پذیری انکودر	۲۰۰ پالس بر دور

قابلیت و کاربردها

- دارای دینامیک تقریباً خطی
- امکان استفاده به‌صورت مستقل بدون نیاز به تجهیزات جانبی (منبع تغذیه ، کارت انتقال داده و ...) با استفاده از کامپیوتر یا کنترل‌کننده خارجی مانند PLC
- آشنایی با عملکرد و کنترل سیستم های سرو سرعت
- قابلیت شناسایی دستگاه به‌صورت استاتیک و دینامیکی
- امکان تخمین پارامترهای استاتیکی خطی دستگاه
- آشنایی با کنترل سرعت سیستم‌های صنعتی مانند سیستم های نورد و برش، رنگ‌آمیزی، برخی ماشین‌های CNC و تجهیزات پرکن
- امکان کنترل با استفاده از انواع کنترل‌کننده‌های خطی و غیرخطی با استفاده از نرم‌افزار Matlab

پیوست سوم: سیستم آزمایشگاهی کنترل موقعیت

Position Control System - ES-PCS10
محصول شرکت دانش بنیان فناوران مکانیک و الکترونیک نصیر

معرفی

دستگاه کنترل موقعیت نامیک ابزاری آموزشی بر اساس سیستم‌های کنترل موقعیت صنعتی مانند ماشین‌های CNC، چاپ و بسته‌بندی است. در این دستگاه از یک موتور جریان مستقیم به‌عنوان محرکه سیستم استفاده شده است و از طریق یک حسگر آنالوگ، موقعیت نشانگر دستگاه اندازه‌گیری می‌شود. همچنین امکان تخمین موقعیت نشانگر از طریق حس‌گر انکودر موتور نیز فراهم‌شده است. این دستگاه در عمل یک سیستم سرو موقعیت است که کنترل آن از طریق نرم‌افزار یا کنترل‌کننده خارجی مثل PLC انجام خواهد گرفت.

اجزای تشکیل‌دهنده

- بلوک حرکتی
- محرکه بر اساس موتور جریان مستقیم
- مکانیزم حرکتی تسمه تایم
- حسگر اندازه‌گیری مقاومتی-مولتی‌ترن
- نمایشگر کریستال مایع
- ابزارهای کنترلی
- اتصالات کنترل‌کننده‌های خارجی

نحوه کارکرد

- خواندن موقعیت دستگاه از روی حسگر آنالوگ و انکودر دستگاه
- کنترل ولتاژ موتور و درنتیجه کنترل موقعیت نشانگر دستگاه به‌صورت دستی، کامپیوتری و آنالوگ به External
- کنترل دستی- کامپیوتری و آنالوگ به‌صورت External

مشخصات فنی

مشخصه	مقدار
ابعاد دستگاه	31x60x29 سانتی‌متر
ولتاژ نامی موتور	۱۲ولت
توان نامی موتور	۶وات
سرعت نامی موتور	۳۳۰ دور بر دقیقه
جریان نامی موتور	0.5 آمپر
تفکیک‌پذیری انکودر	۲۰۰ پالس بر دور
محدوده حرکت	۴۵۰ میلی‌متر

کاربردها و قابلیت

- دارای دینامیک تقریباً خطی
- امکان استفاده به‌صورت مستقل بدون نیاز تجهیزات جانبی(منبع تغذیه ، کارت انتقال داده و ...) با استفاده از کامپیوتر یا کنترل‌کننده خارجی مانند PLC
- آشنایی با عملکرد و کنترل سیستم‌های سرو موقعیت
- تعیین پارامترهای مکانیکی دستگاه به‌صورت تجربی
- قابلیت شناسایی سیستم به‌صورت استاتیک و دینامیکی
- امکان تخمین پارامترهای استاتیکی خطی سیستم
- آشنایی با کنترل سیستم‌های موقعیت صنعتی مانند ماشین‌های CNC، چاپ و بسته‌بندی
- امکان کنترل با استفاده از انواع کنترل‌کننده‌های خطی و غیرخطی با استفاده از نرم‌افزار Matlab

پیوست چهارم: سیستم آزمایشگاهی کنترل حرارت
Temperature Control System
ES-TCS10

معرفی

دستگاه کنترل حرارت نامیک ابزاری آموزشی بر اساس شبیه‌سازی سامانه‌های حرارت صنعتی و فرایندهای حرارتی است. در بلوک حرارتی دستگاه یک قطعه آلومینیومی متصل به حسگرهای دما و گرماساز (المان گرم‌کننده) قرارگرفته و از طریق هیت سینک با یک فن (المان خنک‌کننده) در ارتباط است. با کنترل توان گرماساز و سرعت فن دمای قطعه آلومینیومی تغییر کرده و از دمای محیط تا دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد قابل‌کنترل است.

اجزای تشکیل‌دهنده

- بلوک حرارتی شامل تجهیزات گرم و سردکننده و حسگرها
- نمایشگر کریستال مایع
- ابزارهای کنترلی
- اتصالات کنترل‌کننده‌های خارجی
- کنترل‌کننده صنعتی دما با حسگر پلاتینی

نحوه کارکرد

- قابلیت کنترل به‌صورت دستی، On-Off، PID و انواع کنترل کننده های پیشرفته (فازی، عصبی و ...) از طریق نرم‌افزار Matlab-Simulink
- قابلیت کنترل به‌صورت On-Off، PID وFuzzy-PID و پروفیل چند دمایی از طریق کنترل‌کننده صنعتی
- قابلیت تنظیم کنترل کننده صنعتی دما به‌صورت دستی، با استفاده از نرم‌افزار کامپیوتر و از طریق پروتکل صنعتی Modbus

مشخصات فنی

مشخصه	مقدار
ابعاد دستگاه	۳۱x۳۱X۳۵ سانتی متر
توان المنت	36 وات
توان فن	3.5 وات
سرعت حداکثر فن	2500 دور بر دقیقه
محدوده عملکرد حسگر کنترل‌کننده دستی-کامپیوتری	۲۵- الی ۱۲۵+ درجه سانتی گراد
دقت عملکرد حسگر کنترل‌کننده دستی-کامپیوتری	۰,۱ درجه سانتی‌گراد
محدوده عملکرد حسگر کنترل¬کننده صنعتی	۱۰۰- الی ۴۰۰+ درجه سانتی‌گراد
دقت عملکرد حسگر کنترل‌کننده صنعتی	۰,۱ درجه سانتی‌گراد
محدوده دما کاری	دمای محیط الی ۱۰۰+ درجه سانتی‌گراد

قابلیت و کاربردها

- دینامیک خطی با قابلیت کنترل SISO و MISO
- امکان استفاده به‌صورت مستقل بدون نیاز به تجهیزات جانبی (منبع تغذیه ، کارت انتقال داده و ...)
- آشنایی با دینامیک و کنترل سیستم‌های تبادل حرارتی و تهویه مطبوع
- امکان تخمین پارامترهای دینامیک خطی دستگاه
- امکان کنترل دستگاه با کنترل‌کننده صنعتی به‌صورت های On-Off، PID، Fuzzy-PID و پروفیل چند دمایی
- امکان کنترل با استفاده از انواع کنترل‌کننده‌های خطی و غیرخطی با استفاده از نرم‌افزار Matlab
- امکان استفاده به‌عنوان سیستم گرم یا سردکننده در حالت SISO و کنترل همزمان به‌صورت MISO
- امکان اتصال به نرم‌افزار Matlab-Simulink و DTCOM

پیوست پنجم: سیستم آزمایشگاهی پاندول هوایی
Air Pendulum System
ES-APS10

معرفی

دستگاه پاندول هوایی نامیک ابزاری آموزشی بر اساس شبیه‌سازی دینامیک حرکتی یک درجه آزادی هلیکوپترها و هواپیماهای عمودپرواز است. در این دستگاه از یک موتور PMSM از نوع BLDC به‌عنوان محرکه یک واحد داکت فن استفاده شده است. داکت فن مورد استفاده نیروی رانش برای حرکت پاندول را فراهم می‌کند. موقعیت پاندول از طریق دو حسگر پتانسیومتر و شفت انکودر به‌صورت آنالوگ و دیجیتال اندازه‌گیری می‌شود.

اجزای تشکیل‌دهنده

- موتور محرکه از نوع جریان مستقیم بدون جارو بک
- سیستم ملخی از نوع داکت فن
- نمایشگر کریستال مایع
- ابزارهای کنترلی
- اتصالات کنترل‌کننده‌های خارجی

نحوه کارکرد

- اندازه گیری دیجیتال از طریق کوادریچیر انکودر
- اندازه‌گیری آنالوگ از طریق پتانسیومتر فیلتر شده
- کنترل دستی- کامپیوتری و آنالوگ به‌صورت External

مشخصات فنی

مشخصه	مقدار
ابعاد دستگاه	31x35x61 سانتی‌متر
ولتاژ نامی موتور	۱۱,۴ ولت
توان راه‌اندازی موتور	350 وات
حداکثر سرعت موتور	6000 دور بر دقیقه
جریان نامی موتور	۴۰ آمپر
توان منبع تغذیه	480 وات
ولتاژ منبع تغذیه	12 ولت
تفکیک‌پذیری انکودر	۳۶۰ پالس بر دور

قابلیت و کاربردها

- دارای دینامیک غیرخطی
- امکان استفاده به‌صورت مستقل بدون نیاز به تجهیزات جانبی (منبع تغذیه ، کارت انتقال داده و ...) با استفاده از کامپیوتر یا کنترل‌کننده خارجی مانند PLC
- آشنایی با دینامیک سیستم‌های پروازی
- قابلیت شناسایی دستگاه به‌صورت استاتیک و دینامیکی
- شبیه‌سازی دینامیک حرکتی یک درجه آزادی هلیکوپترها و هواپیماهای عمودپرواز
- امکان کنترل با استفاده از انواع کنترل‌کننده‌های خطی و غیرخطی با استفاده از نرم‌افزار Matlab