



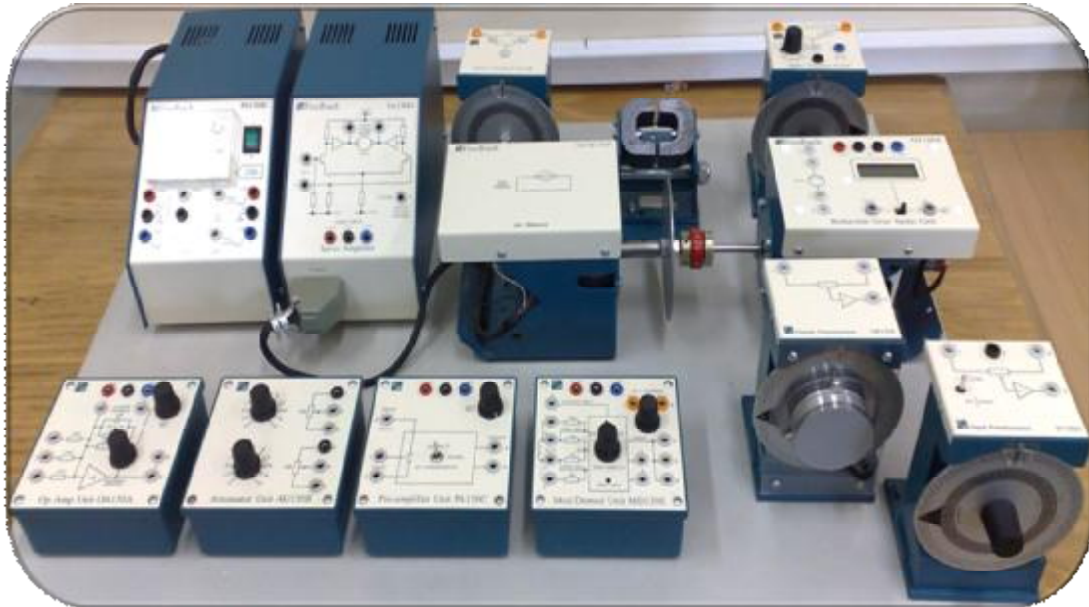
آزمایشگاه کنترل شامل سه بخش می باشد: آزمایشگاه کنترل خطی، آزمایشگاه کنترل صنعتی و بخش تحقیقاتی آزمایشگاه. دستگاههای مورد استفاده در هر بخش در زیر توضیح داده شده است.

آزمایشگاه کنترل خطی و صنعتی

دستگاههای آزمایشگاههای کنترل خطی و صنعتی عبارتند از: دستگاه سرو موتور *MS150*، *PCS327*، *PLC*، *PT326* و روبات.

سیستم سرو موتور

سرو موتورهای یکی از اجزاء، یک سرو سیستم خاص می باشد که به منظور کنترل مکان یا سرعت بکار گرفته می شوند. سروسیستم بکار رفته در آزمایشگاه کنترل خطی، شامل سرو موتور *MS150* از نوع DC (موتور جریان دائم با تحریک مستقل) و موتور AC و تقویت کننده و مقایسه کننده و عناصر تبدیل کننده تغییر مکان یا سرعت به سیگنال الکتریکی و... می باشد. مدار کنترل وضعیت را می توان با استفاده از روشهای مختلف از جمله با کمک پتانسیومتر زاویه ای کوپل شده با محور موتور و یا به کمک سینکرو سیستمها بسته و آزمایش کرد. همچنین می توان کنترل کننده PID برای سیستم کنترل وضعیت طراحی و آزمایش کرد و روشهای مختلفی از جمله اثر بار و کنترل کننده و فیدبک سرعت را برای بهبود پاسخ سیستم آزمایش و اجرا نمود.



دستگاه سروموتور

اجزاء بکار رفته در این سیستم عبارتند از:

تاکومتر (دورسنج الکتریکی) بکار رفته در آزمایشگاه از نوع جریان دائم می باشد که در واقع یک ژنراتور کوچک بوده که میدان مغناطیسی تاکومتر DC بوسیله یک آهنربای دائمی ایجاد می شود و ولتاژ خروجی متناسب با سرعت دورانی محور آن می باشد.

از **سرو آمپلی فایرها** در راه اندازی سروموتورهای DC معمولاً جهت تقویت و تعیین جهت دور موتور استفاده می شود.

تقویت کننده اولیه (Pre-Amp) موجود در آزمایشگاه دارای دو ورودی و دو خروجی است که جهت چرخش موتور در دو جهت به طور خودکار بکار می رود.

از **تقویت کننده عملیاتی (Op-Amp)** به عنوان مقایسه کننده در سیستم حلقه بسته کنترل سرعت یا کنترل وضعیت استفاده شده است.

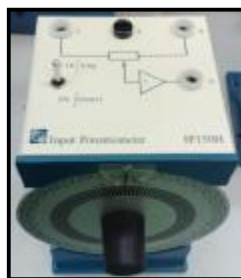
مدولاتورها مدارهایی هستند که تغییرات دامنه یک ولتاژ دائمی را بر روی یک ولتاژ متناوب مدوله می کند بطوریکه دامنه ولتاژ متناوب با دامنه ولتاژ دائمی متناسب بوده و فاز آن با تغییر جهت ولتاژ دائمی به مقدار 180° تغییر می نماید. مدولاتورها دقیقاً برعکس مدولاتورها کار می کنند.

سینکرو فرستنده دارای استاتور استوانه ای با سه سیم پیچی شبیه بهم با فاصله 120° می باشد و روتور آن دارای دو قطب و یک سیم پیچی بوده که به جریان متناوب مدار تغذیه اتصال دارد. در این نوع سینکرو، ورودی مکانیکی بصورت چرخش محور، و خروجی آن الکتریکی، بصورت سه ولتاژ یک فاز می باشد که دامنه این ولتاژها تابع موقعیت زاویه ای محور می باشد. **سینکرو فرمان**، شبیه سینکرو فرستنده می باشد فقط با این تفاوت که روتور آن استوانه ای است تا فلوی مغناطیسی بطور منظم در دور روتور تقسیم گردد. بدین ترتیب با توجه به اینکه در بیشتر موارد خروجی دو سر روتور سینکروی فرمان به یک تقویت کننده وصل است، تغییر امپدانس روتور با حرکت دورانی آن به حداقل خواهد رسید.

پتانسیومتر زاویه ای ورودی می تواند 300° بچرخد. این پتانسیومتر برای ایجاد یک ولتاژ مرجع بکار می رود. پتانسیومتر خروجی که با محور سرعت کند موتور متصل است، موقعیت خروجی موتور را به ولتاژ تبدیل می کند.



منبع تغذیه و سرو آمپلی فایر



پتانسیومتر زاویه ای ورودی



پتانسیومتر زاویه ای خروجی



سینکرو فرمان



تاکومتر



سینکرو فرستنده



مدولاتور-دمدولاتور



آپ آمپ



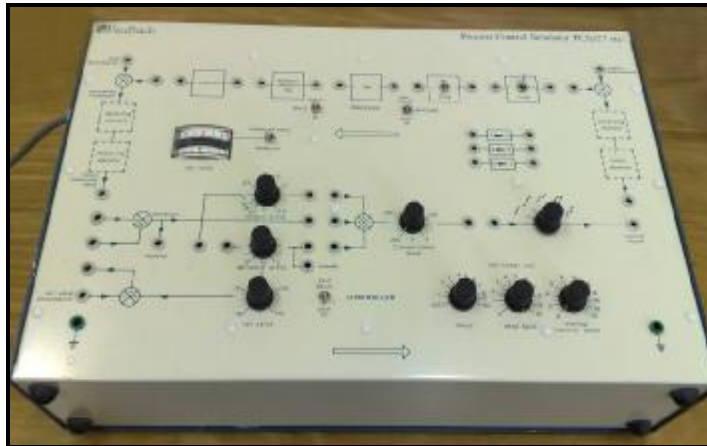
پری آمپلی فایر

سیستم PCS327

برای مدل‌سازی مجموعه فرآیند و کنترل کننده از واحدی به نام شبیه ساز فرآیند ($PCS327$) استفاده می‌شود. این واحد از دو قسمت اصلی یعنی فرآیند و کنترل کننده تشکیل شده است. فرآیند شامل یک معکوس کننده، سه تابع کندی (lag)، یک تاخیر خالص ($Distance\ velocity\ lag$) و دو انتگرال گیر ($integrator$) می‌باشد. با اتصال مناسب هر یک از این اجزاء می‌توان دوازده فرآیند مختلف را شبیه سازی نمود. ثابت زمانی واحد $lag-integrator$ و زمان مرده توسط کلیدهای مربوطه در یکی از دو مقدار 10^{ms} یا 1^s قابل تنظیم می‌باشد.

کنترل کننده شامل سه جزء متناسب (P)، انتگرالی (I) و مشتقی (D) می‌باشد. برای جمله متناسب، باند تناسبی $PB = \frac{100}{K_c}$ (بهره کنترل کننده تناسبی است) در محدوده 4 درصد تا 200 درصد بطور پیوسته قابل تنظیم است. برای جمله انتگرالی، ثابت زمانی T_i بین مقادیر 5^{ms} تا 250^{ms} ($Fast$) یا 0.5^s تا 25^s ($Slow$) توسط کلید مربوطه به طور پیوسته تنظیم می‌شود و برای جمله مشتقی ثابت زمانی T_d بین مقادیر 0 تا 2^{ms} ($Fast$) یا 0 تا 2^s ($Slow$) بطور پیوسته قابل تنظیم خواهد بود.

توسط این سیستم علاوه بر بررسی تأثیر کنترل کننده های چند جمله ای (PID) بر فرآیندهای صنعتی و تأثیر تأخیر خالص می توان با استفاده از بخش غیر خطی که شامل $limits, deadband, overlap$ می باشد آزمایشهای مربوط به درس غیر خطی را نیز انجام داد.



دستگاه PCS327

سیستم PT326

واحد آموزشی فرآیند به نام اختصاری ($PT326$) از دو قسمت اصلی یعنی یک فرآیند حرارتی و یک واحد کنترل کننده تشکیل شده است و مدلی فیزیکی از یک نمونه واقعی محسوب می شود و ویژگیهای پایه یک نمونه فرآیند صنعتی بزرگ را داراست. به کمک این دستگاه مفاهیمی نظیر تأخیر زمانی، کنترل کننده دو وضعیتی و متناسب به راحتی قابل بررسی هستند. در این دستگاه هوا از طریق یک مکنده الکتریکی پس از عبور از یک شبکه گرمکن وارد یک محفظه استوانه ای شده و پس از عبور از آن به محیط باز می گردد. هدف از کنترل در این مثال، کنترل درجه حرارت این محفظه است. بدین منظور ساختار کنترل حلقه بسته رایج مورد استفاده قرار گرفته است به طوریکه با اندازه گیری دمای هوا و مقایسه آن با مقدار مطلوب، سیگنال خطا جهت تصحیح اختلاف احتمالی وارد کنترل کننده مناسب خواهد شد. پروسه فیزیکی شامل گرم کردن هوای عبوری از محفظه تا رسیدن به دمای مطلوب است و سیستم کنترل با اندازه گیری دمای هوا و مقایسه آن با مقدار تنظیم شده توسط کاربر، سیگنال کنترلی تولید خواهد نمود که میزان توان الکتریکی اعمال شده به عنصر تصحیح کننده (عملگر) که در این سیستم یک گرمکن نزدیک به دمنده است را مشخص می کند.



دستگاه PT326

دستگاه شامل واحدهای مختلف زیر است:

- 1- منبع تغذیه (*Supply*)
- 2- فرآیند (*Process*)
- 3- اندازه گیر (*Measuring Element*)
- 4- مقدار مطلوب (*Set value*)
- 5- انحراف از مقدار مطلوب (*Deviation*)
- 6- اختلال در مقدار تنظیم شده (*Set value Disturbance*)
- 7- مقایسه کننده (*Comparing Element*)
- 8- کنترل کننده (*Controlling Element*)
- 9- کنترل پیوسته (*Continuous Control*)
 - 1-9 داخلی *Internal*
 - 2-9 خارجی *External*
- 10- کنترل دو وضعیت (*On-Off*)
- 11- عملگر (*Motor + Correcting Element*):
- 12- کنترل کننده خودکار (*Automatic Controller*):

سیستم PLC

PLC، کنترل کننده ای با مرکز میکروپروسسوری (ریزپردازنده) است که بر مبنای برنامه موجود در حافظه و با توجه به اطلاعات ورودی یک سری خروجی را فعال یا غیرفعال می نماید. در PLC ها امکان کنترل همه نوع پارامتر وجود دارد.

PLC موجود در آزمایشگاه یک *PLC Mitsubishi* از سری *MELSEC* به مدل *FX0-14MR-ES* است که یک PLC کاملاً صنعتی در قالب مقاوم فلزی همراه با اتصالات سوکتی 4mm می باشد و شمای کلی آن در شکل (1) نشان شده است.

زبان برنامه نویسی که خانواده *PLC Mitsubishi* از سری *MELSEC* به مدل *FX0-14MR-ES* از آن استفاده می کنند، یک نرم افزار تحت ویندوز تحت عنوان *SWOPC-FX/WIN-E* می باشد. برنامه ها با سه زبان مختلف *IL* و *LD* و *SFC* نوشته و اجرا می شوند.



دستگاه PLC

سیستم روبات

بازوی ربات هیدرولیکی فیدبک HRA933 مکانیزمی با تحریک هیدرولیکی است که شش حرکت مستقل کنترل پذیر دارد. کنترل هر یک از این حرکات از طریق صفحه آموزشی که به *teaching pendent* مشهور است و یا از طریق یک میکرو کامپیوتر خارجی امکان پذیر است. تغذیه محرکهای هیدرولیکی ربات توسط روغن با فشار پایین و از طریق یک پمپ صورت می گیرد. سیگنال های الکتریکی آنالوگ از هر حرکت ربات به جز حرکت پنجه قابل دسترسی هستند و یک مدار واسط این سیگنال ها را به شکل دیجیتال قابل استفاده در حلقه کنترل تبدیل می کند. به کمک صفحه آموزش می توان ربات را برای انجام حرکت های خاص برنامه ریزی کرد.



دستگاه روبات

وسایل جانبی

وسایل جانبی مورد نیاز در آزمایشگاه کنترل عبارتند از اسیلوسکوپ و کامپیوتر و فانکشن ژنراتور. اسیلوسکوپ موجود، دو کاناله، تک رنگ، دیجیتالی حافظه دار است که امکان ذخیره نمودارها بر روی فلش و ارتباط با کامپیوتر وجود دارد. مدل آن TDS1002B از شرکت Textronic می باشد. مدل فانکشن ژنراتور موجود نیز FG601 از شرکت Feedback می باشد.



بخش تحقیقاتی آزمایشگاه کنترل

Level and Flow process Rig



Figure 1-9: Level and Flow Process Rig

The Level and Flow Process Rig uses a pump to pump water from a reservoir tank to a header tank from where it may drain back into the reservoir tank. The flow into the header tank is controlled by a servo valve operating from a 4 - 20 ma range (fully closed - fully open) signal current. The header tank level transmitter consists of a float attached to a potentiometer which provides a 4-20 ma range (tank empty - tank full)input current. The 4-20 ma input and output currents are converted into 0-5V ranges using an adjustable interface unit supplied.

Twin Rotor MIMO System (Helicopter)



The Twin Rotor Helicopter is used to demonstrate control of a MIMO (Multiple Input Multiple Output) system. It consists of a vertical and a horizontal rotor fixed to an arm which can rotate about both a vertical axis and a horizontal axis.

As in a real helicopter, two rotors are required for stable operation to counter the reaction on the helicopter body of changes in the angular momentum of the main rotor.

Digital pendulum



Digital Pendulum

The Digital Pendulum is used to demonstrate control of a SIMO (Single Input Multiple Output) system. Consisting of a cart moving on an elevated track, and with two free swinging arms attached, it is used to demonstrate:

an inverted pendulum, which illustrates control of an unstable system. Unstable systems are found in controlling rockets at take off, and in humanoid robotics research.

a suspended pendulum which illustrates the sort of control a gantry crane might require when moving, for example, a container of molten steel with minimum oscillation of the load.

Digital Servo System



The Modular Servo system is a self contained dc servo motor system with control circuitry for the experimental study of servo motor behaviour and control. It comprises a Mechanical Unit and a Digital Unit.

The Mechanical Unit consists of a Power amplifier, dc motor, tacho-generator, absolute and incremental digital encoders, input and output analogue potentiometers, digital speed and voltage display, and a sine, square and sawtooth waveform generator.

The Digital Unit carries ADC and DAC for signal conversion, switching and multiplexing circuits, encoder output and display, linear and PWM motor drive and interface to the I/O card in the PC.

Transducers Kit TK2942

The TK2942 introduces students to the concepts and understanding of common transducer devices and standard signal conditioning methods. The kit consists of a Measurement Package, Power Amplifier and Test Rigs, and three Transducer Kits covering:

Electro-Mechanical Transducers

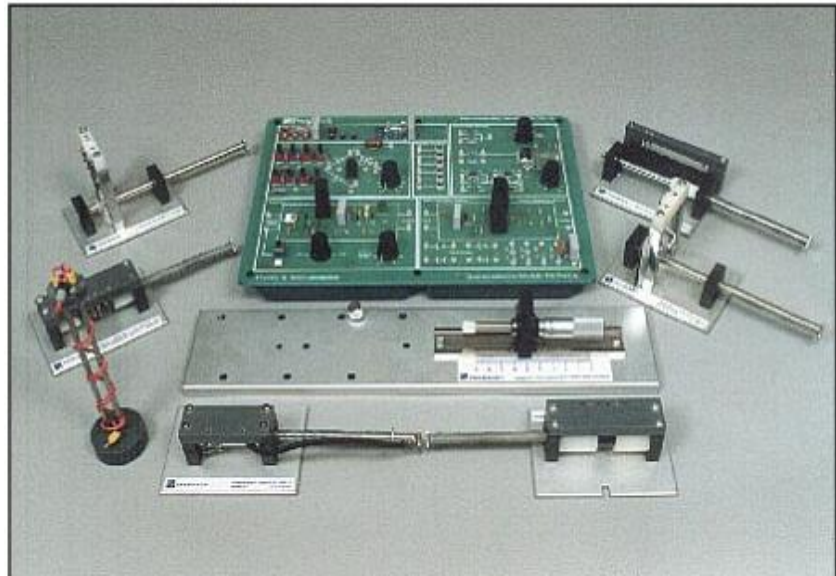
- Linear Variable Resistor
- Variable Area Capacitor
- Variable Distance Capacitor
- Variable Inductor
- Linear Variable Differential Transducer (LVDT)
- Strain Gauge

Heat Transducers

- Thermistor
- Platinum resistance
- Thermocouple
- Reed Relay
- Bimetalic switch

Light Transducers

- Photoconductive cell
- Photodiode ,
- Phototransistor
- Photovoltaic cell



Measurements Package

Wheatstone Bridge

With selectable ratio arms of 100 Ω , 1k Ω , 10k Ω , & 100k Ω .

Operational (Differential) Amplifier

With switched gains of 1, 10, 100 and 1000 is used as a general purpose amplifier. The differential input allows it to be used with the Wheatstone Bridge.

Oscillator

Centre frequency 465kHz, used with the inductive and capacitive transducers.

Discriminator

FM discriminator used with the oscillator module. Also included are components for a phase-sensitive rectifier.

Power Amplifier

With unity gain and output capability of 4 watts.

Curriculum Coverage

Electro-Mechanical Transducers

1.Utilising variation in resistance:

- Wheatstone Bridge
- Amplifiers
- Liquid depth & resistivity
- Displacement
- Strain

2.Utilising variation in capacitance:

- Wheatstone Bridge for capacitance
- Variable area & distance capacitive
- Use with an oscillator and discriminator in FM systems

3.Utilising variation in inductance:

- Electromagnetic inductance
- Variable inductance transducer
- Mutual inductance transistor
- Linear variable differential
- Transformer
- Transducer circuits

Heat Transducers

- Heat distribution
- Thermocouples
- Thermistors
- Resistance thermometers
- Temperature control (on/off)
- Temperature control (continuous)

Light Transducers

- The nature of light
- Photoconductive cell
- Semiconductor photodiode
- Photovoltaic cells
- Phototransistor
- Spectral response

Automotive Transducer

The Automotive Transducer Kit is designed to teach the fundamental principles of a wide range of automotive transducers. Based on an industry standard automotive microcontroller IC that has a flexible operating system that enables students to drive the application modules provided. The kit also implements CAN (Controller Area Network), used in the automotive industry. It is supplied with Application Modules designed to introduce a variety of sensors and actuators used in automotive electronics. Each module is accompanied by manuals describing the theory behind the sensors and actuators with practical lab work. The system connects to a host PC and is provided with the control software with system-ready programs to demonstrate the principles under investigation.

The kit comprises: a motherboard, a power supply and a number of application modules that link to the motherboard:

- **User I/O**
- **Microcontroller module**
- **dc & Stepper Motor control**
- **Temperature control**
- **Rotational speed control**
- **Suspension (axle)**
- **Liquid level (fuel tank)**
- **Lighting cluster**
- **Knock sensor (engine noise)**
- **Anti-lock braking system**
- **Air mass flow measurement**

The kit is also supplied with information about ATK motherboard system and operating system, enabling tutors or advanced students to extend the scope of experimentation. Some of the modules have software simulations.



The kit starts with basic principles of Input/Output (I/O) and how to achieve digital data transfer to a variety of devices. Assignments then build on these principles to explore the use of the following basic automotive transducers:

• **optical** • **resistive** • **magnetic** • **piezoelectric** • **semiconductor**

Curriculum Coverage

- Control of a stepper motor
- Control of a dc motor
- Temperature control with dc fan & heater
- Speed control with dc motor
- Wishbone suspension with piezoelectric bimorph transducer
- dc cam rolling road
- Pop-up headlamp & flasher unit using servo control
- Diagnostic control
- Liquid level - use of rotary potentiometer, reed switch & Hall effect
- Anti-knock - vibration detection via piezoelectric crystals
- Air mass - Wheatstone Bridge to generate analogue voltage signals
- Anti-lock - optical sensor control of wheel speed

Motherboard - provides the location for the Microcontroller Module (MCM), the user I/O interface and has four powered slots with digital I/O and access to the analogue to digital converter on board the MCM to accommodate the various sensor modules.

Microcontroller Module (MCM) - based on Intel 87C196CA (automotive) processor running at 16MHz, equipped with on-board Controller Area Network (CAN) and Analogue to Digital Converter (ADC). 128kB of flash ROM & 32kB of static RAM. Programmed in FORTH with Intel reduced instruction set monitor (RISM) for down load and debugging of C programs.

User I/O Interface Module - 3 LEDs, 4 single input function 4x4 hex keyboard, 16x2 line LCD display and buzzer.