دانشگاه صنعتی شریف
دفتر فناوری هدایت و کنترل

# استند آزمایشگاهی کنترل وضعیت سه‌درجه‌آزادی چهارپره

استند آزمایشگاهی کنترل وضعیت چهارپره توسط دفتر فناوری هدایت و کنترل دانشگاه صنعتی شریف در سال ۱۳۹۳ طراحی و ساخته شد. این وسیله با هدف آشنایی عملی دانشجویان با مفاهیم تئوری درس کنترل اتوماتیک ساخته شده است. در این‌صورت، دانشجویان با انجام آزمایشات مربوط به استند آزمایشگاهی کنترل وضعیت چهارپره، آنچه را که در درس کنترل اتوماتیک به‌صورت تئوری آموخته اند، به‌صورت عملی تجربه می‌کنند.

## ویژگی های کلیدی:

- کنترل همزمان زوایای رول، پیچ و یاو
- اجرا در زمان حقیقی
- کار در محیط نرم‌افزار MATLAB
- امکان طراحی بلوک کنترل چهارپره در محیط SIMULINK
- ارسال فرمان به موتورها از طریق وایرلس
- دریافت خروجی‌های زوایای اویلر از طریق وایرلس در رایانه
- قابلیت پیاده‌سازی تمام سیستم‌های کنترلی در محیط SIMULINK (PID ،فازی،عصبی،...) برروی پردازنده دیجیتال به روش تولید خودکار کد
- امکان اعمال محدودیت‌ها برای زوایای رول، پیچ و یاو چهارپره
- برخورداری از دفترچه راهنمای کاربر
- برخورداری از دستورالعمل آزمایش ها همراه با آموزش نحوه استفاده از دستگاه
- امکان تأمین قطعات یدکی
- یکسال ضمانت و ده سال خدمات

## مشخصات فنی دستگاه:

| مشخصه فنی | مقدار | واحد |
|---|---|---|
| ارتفاع مکانیزم | ۱۴۰-۲۰۰ | سانتی‌متر |
| طول بازوی چهارپره | ۲۵ | سانتی‌متر |
| نوع موتور | براشلس | - |
| جریان مصرفی | ۲۰ | آمپر |
| تغذیه ورودی | ۲۲۰ | ولتاژ |
| نرخ داده‌برداری سنسور AHRS | ۵۰ | هرتز |
| پروتکل خروجی AHRS | سریال | - |
| محدوده تغییر زوایای پیچ و رول | ±۵۰ | درجه |
| محدوده تغییر زاویه یاو | ±۱۸۰ | درجه |

# سرفصل آزمایش های قابل اجرا توسط استند آزمایشگاهی کنترل وضعیت سه درجه آزادی چهارپره

دفتر فناوری هدایت و کنترل

## ۱- آشنایی با مفاهیم اولیه

در جلسه اول، دانشجویان مفاهیم پایه‌ای به‌منظور استفاده از استند آزمایشگاهی کنترل وضعیت چهارپره را کسب می‌کنند. از جمله مفاهیم ابتدایی می‌توان به نحوه حرکت چهارپره، ابزارهای اعتبارسنجی عملکرد کنترل‌کننده، نوع داده در محیط نرم‌افزاری MATLAB، معرفی ابزارهای زمان واقعی و نحوه کار با ابزارهای زمان واقعی RTWT و xpc target اشاره کرد. همچنین در جلسه اول آزمایش‌هایی که در طول ترم انجام خواهد شد، به دانشجویان معرفی می‌شود.

## ۲- مرحله مدل‌سازی سیستم و طراحی کنترل‌کننده

در این آزمایش، دانشجویان می‌توانند چهارپره را تحت شرایط پروازی مختلف بدون انجام تست عملی، قرار دهند و براساس نتایج، اقدام به پیاده‌سازی کنترل‌کننده بر روی چهارپره کنند. به‌این منظور، دانشجویان ابتدا روش مدل‌سازی چهارپره را می آموزند؛ سپس برای این سیستم یک کنترل‌کننده PID طراحی می‌کنند. در نهایت نیز با استفاده از انیمیشن چهارپره درک فیزیکی مناسبی از حرکات رول، پیچ و یاو پرنده کسب می‌کنند.

## ۳- معرفی ابزار تولید خودکار کد

در این آزمایش، دانشجویان با نحوه پیاده‌سازی مستقیم کنترل کننده وضعیت سه‌درجه‌آزادی چهارپره بر سخت‌افزار واقعی در محیط سیمولینک با استفاده از ابزار تولید خودکار کد آشنا میشوند. به‌این‌منظور، دانشجویان با استفاده از ابزار تولید خودکار کد با چگونگی ارسال فرمان از طریق رایانه و دریافت توسط برد، چگونگی ارسال فرمان از طریق برد و دریافت توسط رایانه، چگونگی ارسال فرمان به موتورها و در نهایت نحوه دریافت زوایای اویلر از سنسور تعیین وضعیت و سمت آشنا می‌شوند.

## ۴- مرحله شبیه‌سازی سخت‌افزار در حلقه پلنت (RCP)

در این آزمایش، دانشجویان با استفاده از مکانیزم سه‌درجه آزادی می‌توانند عملکرد حلقه‌های کنترلی رول، پیچ و یاو را اعتبارسنجی کنند. در این صورت، مدل کنترل‌کننده به‌صورت نرم‌افزاری است که با استفاده از ابزار زمان واقعی RTWT به مکانیزم سه‌درجه‌آزادی چهارپره اعمال می‌شود. در این صورت، می‌توانند اثر ترم‌های تناسبی، انتگرالی و مشتقی را بر عملکرد سیستم حلقه‌بسته و همچنین مقاوم‌بودن سیستم حلقه بسته به خطای مدل‌سازی و اغتشاش را بررسی کنند.

## ۵- مرحله شبیه‌سازی سخت‌افزار در حلقه (HIL)

در این آزمایش، دانشجویان با استفاده از شبیه‌سازی سخت‌افزار در حلقه می‌توانند عملکرد سخت‌افزار کنترل‌کننده را اعتبارسنجی کنند. در این روش فرامین کنترلی با استفاده از ابزار تولید خودکار کد بر سخت‌افزار کنترل‌کننده پیاده‌سازی شده و به مدل سه‌درجه‌آزادی نرم‌افزاری چهارپره اعمال می شود. از این‌رو، به‌منظور اعتبارسنجی حلقه‌های کنترل‌کننده دانشجویان بهره‌های کنترل‌کننده را طوری تنظیم می کنند که نتایج آن با نتایج شبیه‌سازی نرم‌افزاری یکسان شود.

## ۶- مرحله تست نهایی

در این آزمایش، دانشجویان با استفاده از مکانیزم سه‌درجه‌آزادی می‌توانند نحوه کنترل همزمان زوایای رول، پیچ و یاو یک چهارپره را تجربه کنند. در این مکانیزم بین کانال‌های رول، پیچ با کانال یاو کوپلینگ وجود دارد. از این‌رو، دانشجویان برای پهنای باند هر یک از حلقه‌های کنترلی از کنترل‌کننده PID را طوری تنظیم کنند که تداخل کاری نیز بین کانال‌ها پیش نیاید.


ارتباط با ما

تلفن: ۶۶۱۶۶۲۱۲ - ۰۲۱
۶۶۱۶۴۶۳۶ - ۰۲۱

فکس: ۶۶۰۲۲۷۳۱ - ۰۲۱

ایمیل: gcrc@sharif.ir

وب سایت: http://gcrc.sharif.ir