فصلنامه آموزش مهندسی ایران، شماره ۳٤، سال نهم، ص ۷٦-۵۷

اولین آزمایشگاه مجازی و از راه دور ایران برای مهندسان کنترل: طراحی و اجرا

سیدعلی‌اکبر صفوی، صبا صالحی، مهسا معتمدی، احسان کیخا، سیدوحیدنقوی و حسین غفاری

دانشکده مهندسی، دانشگاه شیراز

چکیده: پیشرفتهایی که اخیراً در زمینه کامپیوتر، مخابرات و فناوریهای نرم افزاری به وجود آمده، به آشنایی دانشجویان و متخصصان با فرصتهای جدیدی برای گسترش کاربرد کنترل در آموزش و همچنین، امور اقتصادی، صنعتی و غیره شده منجر است. در این مقاله ابتدا به ذکر اهمیت محیطهای مجازی و زمان حقیقی در تحصیل، آموزش و پیشرفت آزمایشگاههای مجازی و کنترل از راه دور پرداخته و در ادامه چگونگی ایجاد یک محیط شبیه سازی شده، کنترل مجازی ، زمان حقیقی و از راه دور یک فرایند آموزشی مورد استفاده برای آزمایشگاه درس کنترل خطی مربوط به دانشجویان کارشناسی گرایشهای مختلف مهندسی برق و مثالهایی از نحوه کاربرد آن آورده شده است. این تحقیق و تجربه می‌تواند زمینه راه اندازی آزمایشگاههای مجازی و از راه دور برای اغلب آزمایشگاههای دوره کارشناسی در دانشگاهها و نیز بسیاری از آزمایشگاههای موجود در صنعت را فراهم کند.

واژه‌های کلیدی: کنترل زمان حقیقی، سروو موتور، شبیه سازی، کنترل مجازی و کنترل از راه دور.

۱. مقدمه

پیشرفتهای اخیر در زمینه ارتباطات، محاسبات، فناوری نرم افزاری و غیره محیط جدیدی با فرصتهای بزرگ به منظور کنترل و کاربردهای آن بـه وجـود آورده اسـت[۱]. در سـالهای اولیه پس از شناخته شدن شبکه، تمایل برای توسعه ارائه دروس از طریق اینترنت و ارزیابی دانشجویان از این طریق شـدت گرفـت. در زمینـه کنتـرل سیسـتمها، پیشـرفتهای کـاربردی اینترنت، روشهای جدیدی را برای نظارت و کنترل از راه دور سیستمها فراهم کـرده اسـت. در این شرایط، کاربر فقط با یک کامپیوتر شخصی با دسترسی به اینترنت یا شبکه با هر بعد مسافتی از سیستم واقعی می‌تواند آن را کنترل یا بر آن نظارت کند[۱و۲].

از آنجا که تحصیل آمـوزش و انجـام دادن پـژوهش اهمیـت زیـادی در توسـعه علـم و فناوری دارد، فناوریهای به دست آمده لازم است به بهترین شیوه در این زمینه به کـار بـرده شوند. توسعه آموزشها و دانشگاههای الکترونیکی (مجازی) نمونه ای از این کاربرد هستند. یادگیری الکترونیکی امروزه یکـی از کاربردهـای مهـم فنـاوری اطلاعـات و ارتباطـات در جهان به حساب می‌آید و بخشهای مختلفی از اجتمـاع اعـم از شـرکتها، صـنایع، مؤسسـات آموزشی و مردم علاقه‌مند به یادگیری و با سؤالات و کاربردهـای مختلفـی از ایـن فنـاوری روبه‌رو هستند. آموزش (یادگیری) از راه دور روشی از آموزش (یـادگیری) اسـت کـه در آن یادگیرنده در فاصله‌ای زیادی از یاد دهنده قـرار دارد و [معمـولاً] بـه‌کمـک بسـته‌هـای آموزشی از قبل تهیه شده آموزش می‌بینـد. در ایـن حالـت یادگیرنـده هنـوز توسـط معلـم هدایت و راهنمایی می‌شود، ویژگیهای بسته‌های آموزشی چگونه باید باشد؟ انتظار می‌رود که بسته آموزشی بتواند تمام عملکردهای یک معلم خوب در محیطهای سنتی آموزش را ارائه دهد. امروزه، با آموزش الکترونیکی (مجازی) انتظار مـی‌رود کـه یادگیرنـده در هـر زمان و مکان با داشتن یک خـط تلفـن و یـک کـامپیوتر بـه ایـن نـوع سیسـتم آموزشـی یـا یادگیری و مطالب درسی دسترسی داشته باشد. مطالب درسـی در محـیط چنـد رسـانه‌ای ارائه و گفتگو و مذاکره با معلم و سایرین به‌صورت On-Line و Off-Line انجام مـی‌شـود. در مرجع ۱۵، اهداف، روشها و چالشهای آموزش الکترونیکی همراه با راهکارهای مربوط

با تأکید بر کشورهای در حال توسعه بیان شده است. در مرجع ۱۶، نیز به موضوع روشهای تولید محتوای الکترونیکی و استانداردهای مربوط برای ارائه و کاربردهای آموزش الکترونیکی و از راه دور پرداخته شده است.

مبحث ابزار دقیق مجازی از اواخر دهه ۱۹۸۰ میلادی توسط شرکتی که یکی از بزرگ‌ترین تولید کنندگان تجهیزات ابزار دقیق در جهان است، مطرح شد. هدف اصلی آن شرکت به‌کارگیری هر چه بیشتر و بهتر نرم افزار در راستای کاربردهای تجهیزات ابزار دقیق بود. متعاقب آن در یک دهه گذشته، با توسعه و کاربرد شبکه و اینترنت بحث آزمایشگاههای مجازی و از راه دور مورد توجه قرار گرفته است. برای نمونه، در اواخر دهه ۹۰ [۳و ۱۷] به کاربرد آزمایشگاههای مجازی برای آموزش از طریق وب اشاره شد و در زمره اولین آزمایشگاههای مجازی تشکیل شده روی اینترنت می‌توان به مراجع ۹ و ۱۰ اشاره کرد. علاوه بر اعلام وجود آزمایشگاههای مجازی، موضوع امکان انجام دادن آزمایش از راه دور نیز به‌تدریج مورد توجه ویژه قرار گرفت که برای نمونه‌های اولیه می‌توان به امکانات آزمایش مدارهای آنالوگ [۸] یا امکانات آزمایشگاهی از راه دور [۷] اشاره کرد. اخیراً نیز به موضوع و امکانات طراحی و تحلیل سیستمهای کنترل از طریق وب [۱۲] پرداخته شده است. از طرف دیگر، هرگونه عمل کنترل و نظارت از طریق شبکه چالشهای جدیدی را مطرح می‌سازد که شناخت آنها و یافتن راهکارهای مقابله با آن چالشها از اهمیت زیادی برخوردار است [۲و ۱۱].

گرچه ارائه دروس نظری از راه دور و از طریق اینترنت تاکنون پیشرفتهای خوبی در کشور ایران داشته [۱۵و ۱۶]، ولی برای ارائه دروس آزمایشگاهی یا امکان استفاده از راه دور از آزمایشگاهها برای امور پژوهشی توسعه چندانی پیدا نکرده است، بنابراین، ضرورت آشنایی با شبکه، برنامه‌های اجرایی تحت شبکه، کنترل از طریق وب و غیره احساس می‌شود و در این مقاله با اولین نمونه آزمایشگاه مجازی و از راه دور در ایران آشنا می‌شوید.

در این مقاله پس از آشنایی با مفاهیم اولیه، چگونگی طراحی و اجرای محیط

آزمایشگاهی مجازی و از راه دور برای یک دستگاه سروو آموزشی برای استفاده دانشجویان رشته مهندسی، به‌خصوص مهندسی کنترل و متخصصان صنایع، ارائه شده است. دستگاه سروو آموزشی مجموعه‌ای فشرده ساخت شرکت فیدبک انگلستان و متشکل از موتور DC و سیستمهای اندازه‌گیری و کنترل سرعت و موقعیت است که در بیشتر دانشگاههای ایران و جهان برای آزمایشگاه درس کنترل خطی مورد استفاده قرار می‌گیرد. این دستگاه ابتدا به صورت مجازی در محیط LabVIEW شبیه‌سازی و تجهیزات جانبی از قبیل انواع ورودیهای دستگاه، اسیلوسکوپ، مولد سیگنال و سایر دستگاههای اندازه‌گیری نیز به صورت مجازی در محیط مربوط ایجاد شده اند و امکان انجام دادن انواع آزمایشها در این محیط مجازی برای دانشجویان فراهم است. همچنین، برای آموزش بهتر دانشجویان با محیطهای واقعی، امکان کنترل و نظارت زمان حقیقی (از راه دور ونزدیک) بر عملکرد دستگاه یادشده به صورت عملی از طریق ارتباط کامپیوتر و کارت تبادل داده مناسب با دستگاه فیزیکی در محیط LabVIEW برقرار شده است. لذا، دانشجویان پس از آشنایی اولیه با سیستم در محیط مجازی، امکان انجام دادن آزمایشهای زمان حقیقی بر روی دستگاه واقعی از طریق کنترل کامپیوتری را نیز خواهند داشت.

توانمندیهای آزمایشگاهی یادشده از طریق شبکه Web قابل دسترس و انجام دادن آزمایشهای مجازی یا زمان حقیقی از راه دور امکانپذیر است. این امر موجب توسعه هر چه بیشتر دوره های آموزش الکترونیکی و دانشگاههای الکترونیکی (مجازی) و نیز امکان همکاری هرچه بیشتر دانشگاهها و صنایع و نیز کاربرد گسترده این امور در صنایع خواهد شد.

۲. محیطهای مجازی و زمان حقیقی

ابزار دقیق مجازی[1] به معنای استفاده از محیطهای نرم افزاری به جای استفاده از ابزار و

---

1 - Virtual Instrumentation

وسایل فیزیکی مرسوم برای اندازه‌گیری و کنترل متغیرهای مختلف است. تنها ابزار فیزیکی مورد نیاز، نرم افزارها و کارتهای تبادل داده برای ارتباط با کامپیوتر در محیطهای زمان حقیقی است[۲]. با استفاده از فناوری محیطهای مجازی مهندسان و متخصصان می‌توانند با صرفه‌جویی در وقت و هزینه کیفیت محصولات را با حداقل هزینه افزایش دهند.

تجهیزات مجازی از طریق فراهم آوردن یک مدل جدید ساختاری از فرایند به تحلیل و تنظیم آنها می‌پردازند. توسعه این امر با پیشرفت تجهیزات کامپیوتری، شبکه ارتباطی و طراحی سیستمهای نرم افزاری میسر است. این عوامل باعث می‌شوند که یک محیط مجازی برای انواع کاربردها و استفاده‌های مختلف در دسترس باشد. تجهیزات مجازی نه تنها قابلیت رقابت با تجهیزات سنتی و قدیمی را دارند، بلکه امکانات بهتری برای کار از طریق شبکه و نمایش داده‌ها را فراهم می‌کنند و به همین دلیل، آزمایشگاههای مجازی و از راه دور توسعه یافته‌اند. برای مثال، استفاده از آزمایشگاههای مجازی در مراجع ۱و۳ و آزمایشگاههای از راه دور در مراجع ۴، ۵ ، ۶ و۷ گزارش شده است.

مزیت ویژه آزمایشگاههای از راه دور در مقایسه با آزمایشگاههای مجازی این است که کاربر می‌تواند از طریق اینترنت با فرایندهای واقعی ارتباط برقرار کند و این امر برای او جذاب تر از استفاده از محیطهای شبیه سازی شده نرم افزاری است. در آزمایشگاه از راه دور کاربر می‌تواند آزمایش را انجام دهد و پارامترهای کنترلی آن را تغییر دهد و نتیجه را ببیند و داده‌ها را از طریق شبکه دریافت کند[۴ و ۸]. در حال حاضر، بسیاری از دانشگاههای جهان در حال توسعه و راه‌اندازی آزمایشگاههای از راه دور برای دانشجویان هستند و این امکان به دانشجو داده می‌شود که فقط با استفاده از کامپیوتر شخصی خود به‌راحتی با فرایندهای آزمایشگاهی ارتباط برقرار کند[۴،۹،۱۰،۱۱و۱۲].

از طرف دیگر، گرچه وجود محیطهای شبیه سازی شده کمک شایانی به شناخت و آموزش دانشجویان می‌کند، اما برای فهم بهتر و دقیق تر سیستم شبیه سازی شده، به خصوص در زمینه کنترل، استفاده از محیطهای زمان حقیقی بسیار مفید و مؤثر است.

دستیابی به محیط زمان حقیقی در مقیاس یک آزمایشگاه به راحتی از طریق کامپیوتر و نرم‌افزارهایی چون LabVIEW, MATLAB و غیره و یک کارت تبادل داده استاندارد امکان‌پذیر است. برای کسب اطلاعات بیشتر در خصوص چالشها و ویژگیهای کنترل زمان حقیقی از طریق شبکه به مرجع۲ رجوع شود.

۳. شرح دستگاه سروو آموزشی

فرایند شبیه سازی شده، دستگاه سروو موتور آموزشی ES151 ساخت شرکت فیدبک انگلستان است که شامل یک موتور DC، دو پتانسیومتر ورودی و خروجی و سایر مؤلفه‌های مربوط است. این دو پتانسیومتر موقعیتهای زاویه ای بازوی ورودی و محور خروجی را به سیگنالهای الکتریکی متناسبی تبدیل می کنند. سپس، تفاضل این دو سیگنال که سیگنال خطا (e) نامیده می‌شود، توسط تقویت کننده‌ای (Amp) با بهره ثابت، تقویت و به مدار آرمیچر موتور DC اعمال می‌شود و گشتاور (T) برای چرخاندن بار خروجی، در جهت کاهش خطا به صفر، ایجاد می کند. با چرخیدن آرمیچر ولتاژی متناسب با حاصلضرب شار و سرعت زاویه‌ای در آن القا می‌شود[۱۳]. یک مدل الکترومکانیکی کلی سروو موتور (روش کنترل آرمیچر) در شکل ۱ نشان داده شده است. قسمتهای اصلی تشکیل دهنده این دستگاه عبارت‌اند از واحد تحریک و واحد آموزشی سروو.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

۳. ۱. واحد تحریک

این واحد متشکل از پنج قسمت اصلی زیر است:

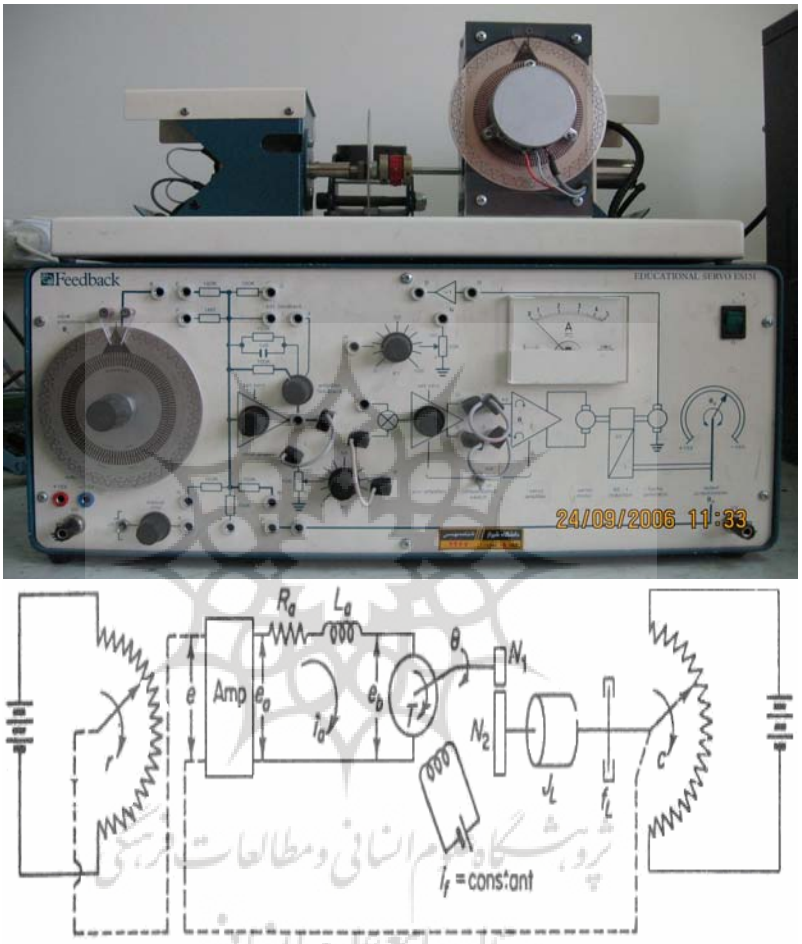
۱. موتور الکتریکی ۲۴ ولت DC که سرعت نامی آن ۳۰۰۰ rpm است؛

۲. تاکوژنراتور که ولتاژی بر اساس سرعت موتور تولید می کند؛

۳. جعبه دنده که با نسبت دور ۱/۳۰ سرعت را کاهش می‌دهد؛

۴. دیسک خروجی و پتانسیومترکه سرعت و موقعیت زاویه ای محور خروجی موتور را نشان می‌دهد؛

۵. واحد بار که یک سیستم ترمز مغناطیسی است.



شکل۱: شماي واقعي و مدل الکترومکانيکي سروو موتور (روش کنترل آرميچر)

۳. ۲. واحد آموزشی سروو

این واحد متشکل از شش قسمت اصلی زیر است:

۱. پتانسیومتر ورودی که ولتاژی بین ۱۵- تا ۱۵+ ولت را بر اساس موقعیت پتانسیومتر

ورودی[1] در نقطه B تولید می‌کند؛

۲. مدارهای کنترلی که کنترلرهای مختلفی در مسیر پیشرو و فیدبک فراهم می‌کنند؛

۳. Pre-amplifier که Servo-amplifier را با ولتاژ تقویت یافته تغذیه می‌کند؛

۴. Servo-amplifier که ولتاژ Pre-amplifier را برای تغذیه سیم پیچ آرمیچر موتور فراهم می‌کند؛

۵. اشکال مربوط به واحد تحریک شامل شکل موتور، جعبه دنده، شکل تاکوژنراتور، پتانسیوتر خروجی و بار؛

۶. آمپر متر که جریان موتور را نشان می‌دهد.

٤. شبیه‌سازی و کنترل مجازی در محیط LabVIEW

صفحه جلو[2] بخش مجازی دستگاه شبیه‌سازی شده در شکل ۲ نشان داده شده است. البته، در این مرحله و شکل مربوط نه تنها دستگاه سروو آموزشی شبیه سازی شده است، بلکه سایر تجهیزات آزمایشگاهی از قبیل سیگنال ژنراتور، اسیلوسکوپ، جعبه کنترل کننده PID و غیره نیز شبیه‌سازی شده‌اند و تمام داده‌ها و نتایج قابل ذخیره و نمایش در محیط کامپیوتری هستند.

٤. ١ . طراحی محیط مجازی

با توجه به شکل ۲ مشاهده می‌شود که این قسمت از ۱۱ بخش فرعی زیر تشکیل شده است:

۱. مرحله دستی[3]: این ورودی شامل کلید آتش[4] و پیچ تنظیم مقدار دامنه پله است. با زدن کلید آتش یک پله در نقطه A آمده و با اتصال به نقطه G آن را به سیستم اعمال

---

1 - Dial Input
2 - Front Panel
3- Manual Step
4 - Trigger

می‌کند.

۲. اعمال ورودی[1]: این ورودی شامل یک صفحهٔ مدرج است که با چرخاندن آن بسته به موقعیت زاویه‌ای آن می‌توان ولتاژی DC بین ۱۵- تا ۱۵+ ولت در ترمینال B تولید کرد که با اتصال آن به ترمینال E ورودی به سیستم اعمال می‌شود.

۳. مولد سیگنال[2]: این مولد قابلیت تولید چهار نوع سیگنال سینوسی، مربعی، مثلثی و دندانه اره‌ای را دارد. مقدار دامنه و فرکانس سیگنال مورد نیاز باید توسط کاربر از منوهای مربوط موجود در جعبه تنظیم شود.

۴. نوع ورودی[3]: با استفاده از این منو کاربر می‌تواند نوع ورودی مورد نظر خود را انتخاب کند.

۵. مدارهای کنترلی: در سیستم سروو موتور آموزشی می‌توان سه نوع کنترل کننده متفاوت در مسیر پیشرو ایجاد کرد که عبارت‌اند از: P، PI، I خارجی. این کنترل کننده‌ها از طریق منوی Feedback Selector فعال می‌شوند.

۶. تقویت کننده‌ها: دستگاه سروو شامل Error-Amplifier، Pre-Amplifier، Servo-Amplifier است. هر یک از این تقویت کننده ها سیگنال عبوری را با ضریب مخصوصی تقویت می‌کنند.

۷. فیدبک: برای کنترل عملکرد سیستم سروو می‌توان از خروجیهای تاکوژنراتور یا پتانسیومتر خروجی برای برقراری یک حلقه فیدبک استفاده کرد. به کمک منوی Feedback Type می‌توان سیستم کنترل موقعیت[4] و یا کنترل سرعت[5] یا هر دو را انتخاب کرد.

۸. بار فوکو: برای اعمال بار یا اختلال[6] به سروو بدون نیاز به سیستم ترمز مغناطیسی واقعی

---

1 - Input Dial
2 - Signal Generator
3- Input Type
4 - Control Position
5- Speed Control
6 - Disturbance

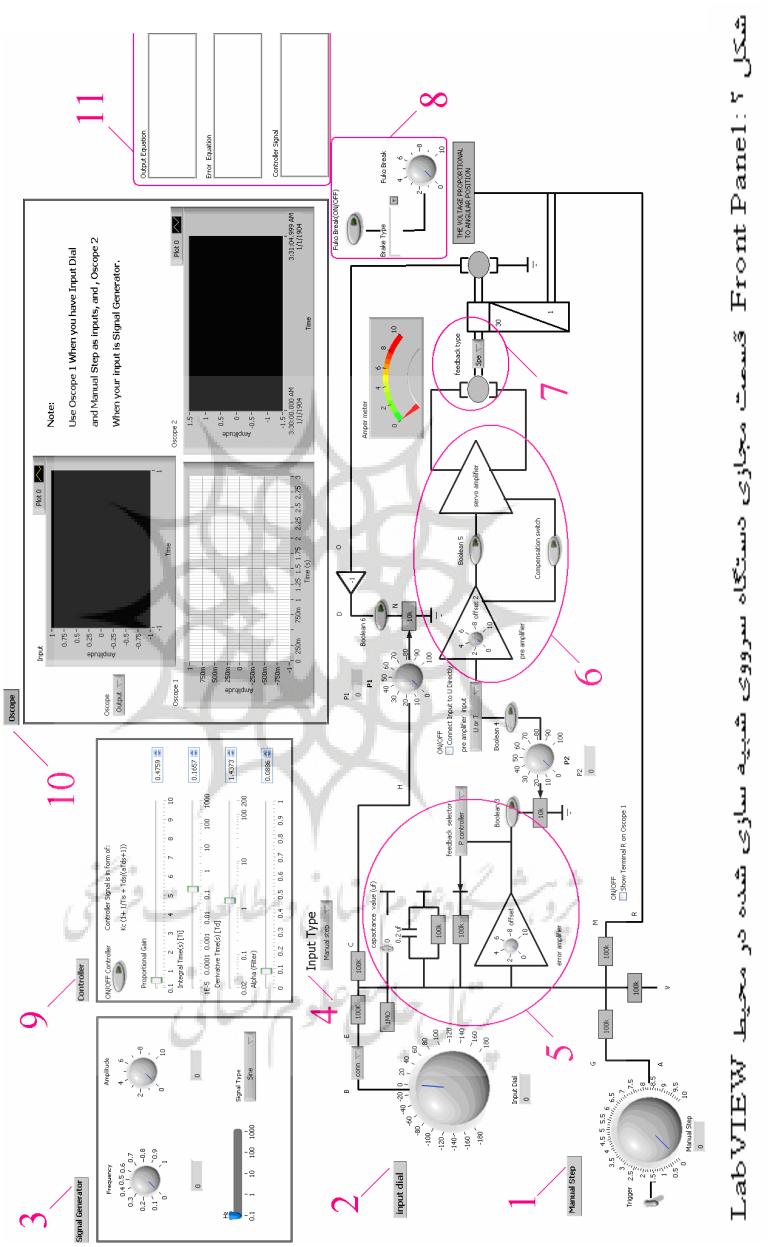
تعبیه شده روی دستگاه واقعی می‌توان از بار (فوکوی) شبیه سازی شده استفاده کرد. خطی یا غیر خطی بودن بار توسط کاربر تعیین و مقدار آن با پیچ مربوط تنظیم می‌شود. این در حالی است که در سیستم کنترل کننده واقعی فقط اثر بار غیر خطی ناشی از ترمز فوکو قابل بررسی است.

۹. کنترل کننده: کنترل کننده طراحی شده برای این قسمت یک کنترل کننده PID است که ضرایب آن در دست کاربر است. کاربر می‌تواند همزمان با در نظر گرفتن پاسخ سیستم، ضرایب آن را به گونه ای تنظیم کند که به بهترین پاسخ ممکن دست یابد. این قسمت روی اصل دستگاه سروو واقعی نیست و به‌عنوان تجهیزات جانبی خریداری یا استفاده می‌شود.

۱۰. اسیلوسکوپ: در قسمت اسیلوسکوپ کاربر می‌تواند شکل موج ورودی، خروجی، و سیگنال خطا را ببیند. انتخاب اینکه کاربر سیگنال خطا یا خروجی را می‌خواهد، با استفاده از منوی Scope صورت می‌گیرد. نوع نمایشها نیز در این قسمت تعیین می‌شود.

۱۱. معادلات: معادلات خروجی، کنترلر و خطا همزمان با تغییر پارامترهای دستگاه یا کنترلر در این قسمت مشاهده می‌شود.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی



شکل ٦: Front Panel قسمت مجازی دستگاه سروی شبیه سازی شده در محیط LabVIEW

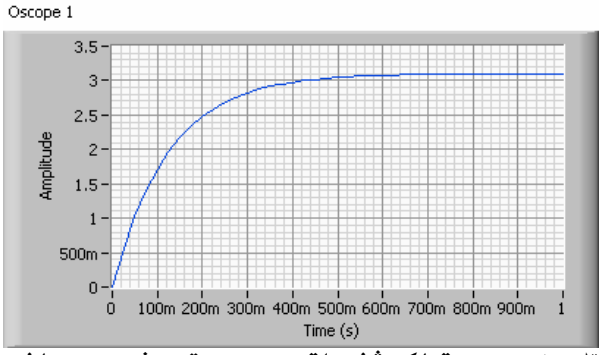
٤ . ٢. شرح یک آزمایش نمونه

ابتدا ورودی (e.g.: Manual Step) را از منوی مربوط انتخاب و سپس نوع مدار کنترلی مورد نیاز (e.g.: P-Controller) را بر می‌گزینیم. برای بستن هر نوع سیستمی‌لازم است که کلیدهای Boolean3، Boolean4 و Boolean5 روشن باشند. نوع فیدبک (e.g.: Speed Control) را بر می‌گزینیم. مقدار پتانسیومتر P2 را طبق آزمایش مربوط تنظیم می‌کنیم (e.g.: P2=20%). حال برنامه را Run می‌کنیم. پیچ Manual Step را به مقدار دلخواه (e.g.:1) تنظیم می‌کنیم و کلید Trigger را می‌زنیم. در این حالت مدار حلقه باز است. خروجی تاکو ژنراتور در شکل ۳ دیده می‌شود. از این خروجی می‌توان تابع تبدیل را به دست آورد. می‌دانیم که زمان نشست در سیستمهای درجه اول، پنج برابر ثابت زمانی است، زمان نشست از شکل ۲، ۰,۷ ثانیه است، بنابراین، ثابت زمانی ۱/۵ این مقدار؛ یعنی ۰,۱۷۵ ثانیه محاسبه می‌شود. مقدار ضریب بهره نیز از تقسیم خروجی به ورودی به‌دست می‌آید که با توجه به شکل ۲ و ورودی ۱ ولت، ۳,۱ محاسبه می‌شود. به همین روش می‌توان تابع تبدیل دستگاه واقعی را حساب کرد. توابع تبدیل سیستم شبیه سازی شده و سیستم واقعی به ترتیب با معادلات (۱) و (۲) نشان داده شده‌اند:

$$\frac{3.1028}{0.175s+1} \quad (۱)$$

$$\frac{2.15}{0.175s+1} \quad (۲)$$

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی



شکل ۳: خروجي تاکوژنراتور سیستم شبیه سازي شده

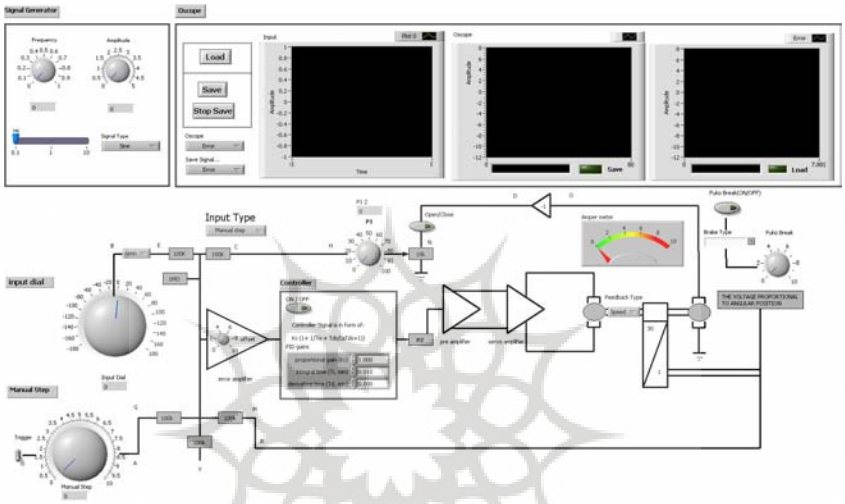
۵. کنترل زمان حقیقی در محیط LabVIEW

صفحه جلو قسمت کنترل زمان حقیقی سیستم در شکل ۴ نشان داده شده است. البته، در این مرحله و شکل مربوط اگر چه تمام فرمانها و اندازه‌گیریها با ارتباط مستقیم کامپیوتر با دستگاه سروو آموزشی ایجاد شده است، اما امکان استفاده از سایر تجهیزات آزمایشگاهی شبیه‌سازی شده از قبیل سیگنال ژنراتور، اسیلوسکوپ، جعبه کنترل‌کننده PID و غیره میسر است و تمام داده ها و نتایج قابل ذخیره و نمایش در محیط کامپیوتری‌اند.

۵ . ۱. طراحی محیط زمان حقیقی

بخشهای اساسی این محیط نیز همانند محیط مجازی است، با این تفاوت که در اینجا به‌جای سرووی شبیه سازی شده از دستگاه واقعی استفاده می‌شود. ورودیها توسط برنامه ایجاد و سپس، از طریق کارت تبادل داده به دستگاه اعمال می‌شوند. آن‌گاه خروجی سیستم دوباره از طریق کارت تبادل داده به برنامه باز می‌گردد. همچنین، می‌توان از خروجی Error-Amplifier سیگنال خطا را دریافت و به کمک آن از طریق کنترل کننده PID شبیه سازی شده موجود در برنامه سیگنال کنترل را تولید و دوباره به دستگاه واقعی اعمال کرد. اسیلوسکوپ موجود در این قسمت قابلیت ذخیره و نیز بازیابی سیگنالهای خروجی تاکو ژنراتور، خروجی پتانسیومتر، خطا و خروجی کنترلر را دارد. همچنین،

سیگنال ژنراتور شبیه سازی شده موجود می‌تواند مولد سیگنال لازم برای سیستم واقعی باشد.



شکل ٤: Front Panel قسمت زمان حقیقی دستگاه سروی شبیه سازی شده در محیط LabVIEW.

۵ . ۲. شرح یک آزمایش نمونه

ابتدا ورودی (e.g.: Input Dial) را از منوی مربوط انتخاب می‌کنیم. نوع فیدبک (e.g.: Position) را برمی‌گزینیم. با اجرای برنامه، سیگنال از طریق کارت DAQ به دستگاه سروو موتور اعمال می‌شود و سیگنال خطا و نیز خروجی به برنامه بر می‌گردد. این سیگنالها روی اسیلوسکوپ قابل رؤیت هستند. در دستگاه واقعی خروجی، ورودی را دنبال می‌کند. در محیط برنامه نیز با تغییر پیچ Input Dial پتانسیومتر خروجی نیز به همان اندازه تغییر و ورودی را کاملاً دنبال می‌کند (شکل۵).

شکل ۵: کنترل زمان حقیقی دستگاه سروو آموزشی

٦. کنترل از راه دوراز طریق شبکه)

طراحی یک فرایند از راه دور و تحت شبکه یا web نیازمند نرم‌افزارهایی است که دارای خصوصیات زیر باشند:

- سرعت و دقت زیاد در پردازش و انتقال داده‌ها؛
- امنیت در پردازش و انتقال داده‌ها؛
- سادگی در نصب و استفاده کاربر از آن؛
- قیمت مناسب و سهولت در به‌دست آوردن آن
- دارا بودن نمای ترسیمی مناسب برای کاربر؛
- سهولت در بازنویسی و تغییر برنامه متناسب با شرایط جدید.

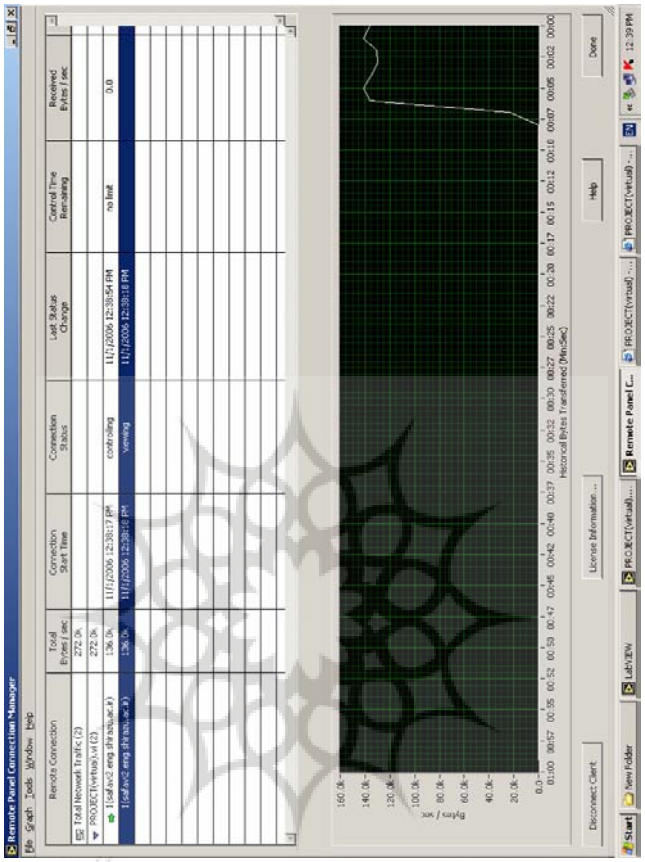
در این خصوص، می‌توان از زبانهای برنامه نویسی مختلف مثل C++ ، Visual basic، Pascal (Delphi) ، MATLAB و LabVIEW نام برد. انتخاب LabVIEW در بین

نرم‌افزارهای یادشده بدین دلیل بوده است که در مقایسه با بقیه آنها به‌طور نسبی مجموعه‌ای از خصوصیات مورد نظر را دارد و نیز دارای خصوصیات زیر است:

- صنعتی بودن
- درک آسان به دلیل داشتن زبان ترسیمی روان
- امکان برقراری ارتباط آسان با شبکه و اینترنت از طریق روشهای مختلف مانند Web Servering, Web Publishing , Data Socketing
- امکان برقراری ارتباط آسان با کارتهای تبادل داده
- Moduleها و Toolboxهای آماده برای انجام دادن کارهایی خاص مانند انتقال داده به روشها و پروتکلهای مختلف ارسال داده و بسیاری از کارهای دیگر که کار برنامه‌نویس صنعتی را بسیار ساده می‌کند.

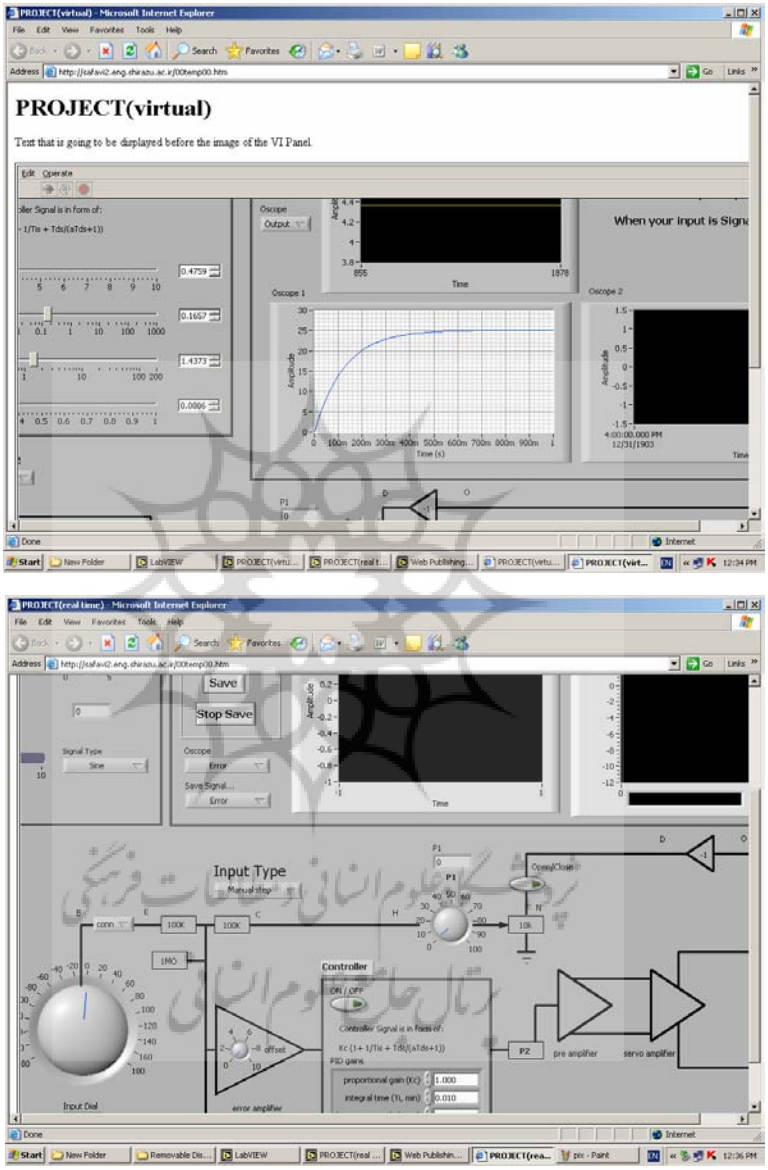
در این قسمت از تشریح بیشتر موضوع خودداری و تنها به این نکته اکتفا می‌شود که با توجه به محیطهای کنترل مجازی و کنترل حقیقی به‌سادگی امکان دسترسی به امکانات یادشده از طریق شبکه مهیاست. در شکلهای ۶ و۷ به ترتیب نماهایی از گزارش صفحه سرور و صفحات مربوط به کامپیوتر کاربر از راه دور (از طریق شبکه) که توسط روش Web Publishing اجرا شده، نشان داده شده است. در مرجع ۱۴ به‌طور کامل‌تر روشهای مختلف کنترل و نظارت از طریق شبکه به‌کمک نرم افزار LabVIEW ارائه شده است.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی



شکل ٦: نمای سمت سرور از گزارش کاربران متصل به سرور از طریق شبکه

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی



شکل ۷: نماهایي از سمت کامپیوتر کاربر متصل به سرور از طریق شبکه که مشغول اجراي کنترل زمان حقیقي است.

۷. نتیجه گیری

در این مقاله ابتدا تاریخچه و مفاهیم مرتبط با سیستمهای کنترل مجازی و از راه دور مورد بررسی قرار گرفت. سپس، اهمیت محیطهای مجازی و زمان حقیقی در تحصیل، آموزش و پیشرفت آزمایشگاههای مجازی و کنترل از راه دور بیان شد. در ادامه، چگونگی ایجاد یک محیط شبیه‌سازی شده، کنترل مجازی، زمان حقیقی و از راه دور یک فرایند آموزشی مورد استفاده برای آزمایشگاه درس کنترل خطی مربوط به دانشجویان کارشناسی گرایشهای مختلف مهندسی برق و مثالهایی از نحوه کاربرد آن ارائه شد. این تحقیق می‌تواند زمینه راه‌اندازی آزمایشگاههای مجازی و از راه دور اغلب آزمایشگاههای دوره کارشناسی در دانشگاهها را فراهم سازد.

مراجع

1. Murray,R.M., 2002, http://www.cds. caltech.edu / %7 Emurray / cdspanel / report / cdspanel-15aug02.pdf
2. Safavi, A.A., "Web-Based Control and Monitoring Systems: The New Challenge", Proceeding of *12th Iranian Conference on Electrical Engineering*, Vol. 1, Mashad, Iran, pp. 119-125, May, 2004.
3. Schmid, C., The Virtual Lab VCLAB for education on the Web, in Proc. American Control Conf., Philadelphia, PA, pp. 1314-1318, 1998.
4. Casini, M, D. Prattichizzo and A. Vicino The Automatic Control Telelab, IEEE Control Systems Magazine, pp. 36-44, 2004, june 2004.
5. Henry, J. Engineering Lab Web Resource Center, 2003. [Online]. Available: http://chem.engr.utc.edu
6. Ko, C.C. , B.M. Chen, J. Chen, Y. Zhuang and K.C. Tan, *Development of a web-based Laboratory for Control Experiments on a coupled Tank Apparatus*, IEEE Transactions on Education, 44(1), pp. 76-86, 2001.
7. Shaheen, M., K. Loparo and M. Buchner, Remote laboratory Experimentation, Proc. American Control Conf., Philadelphia, PA, pp. 1314-1318, 1998.
8. Knight, C.D. and S.P. DeWeerth, Worild Wide Web-based Automatic Testing of Analog Circuits, in Proc. 1996 Midwest Symp. Circuits and Systems, Ames, IA, 1996, pp. 295-298, 1996.
9. ECOSSE, 2005, http://eweb. chemeng.ed. ac.uk/courses/control/ course/ map/intro.html

10. VCLab, 2005, http://www.esr.ruhr-uni-ochum.de/VCLab/main.html
11. Yang, S.H., X. Chen & J.L. Alty, Design Issues and Implementation of Internet-Based Process Control Systems, Control Engineering Practice, 11, pp. 709-720, 2003.
12. Yu, O., Bo Chen and Harry H. Cheng, Web-based Control System Design and Analysis, IEEE Control Systems Magazine, June, pp. 36-44, 2004, http://www.softintegration.com/webservices/control/
13. Ogata, Katsuhiko, Modern Control Engineering, 4th. Ed, 2002.

١٤. س. ع. ا. صفوی، ا. کیخا، ب. جلائیان، غ. *منتصری، م. اسدی، ص. صالحی و م. معتمدی*، " کنترل و نظارت از طریق وب به‌کمک LabVIEW "، پانزدهمین کنفرانس مهندسی برق ایران ، اردیبهشت ١٣٨٦.

15. A. Safavi, 'E-Learning Programs for Developing Countries, Vol. 5, No. 1, 2007, of the Iranian Journal of Information System and Technology (To be printed in Jan. 2007).
16. A.A. Safavi, M. Bawaghar and H. Ghaffari, "An Introduction to Standards and Criteria for Digital Contents", Electronic Learning Conference, Zanjan Uniuversity, Zanjan, Iran May 2006.
17. Merrick, C.M. and J.W. Ponton, The ECOSSE Control Hypercourse, Comput. Chem. Eng., Vol. 20, sup., No. 972, pp. S1353-S1358, 1996.

(تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۸۵/۸/۲۹)

(تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۸۵/۱۰/۱۶)

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی