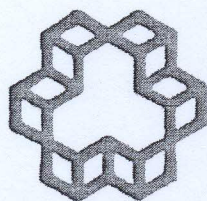


بسم الله



۱۳۰۷

دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

گزارش نهایی:

بازنگری برنامه درسی رشته مهندسی برق

در گرایش کنترل در سطح کارشناسی



آذر ماه ۱۳۸۶

گروه کنترل دانشکده مهندسی برق

دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی



عنوان درس: تجزیه و تحلیل سیستمها

تعداد واحد، نیمسال و مقطع: ۳ واحد نظری - نیمسال اول یا دوم - کارشناسی - تخصصی الزامی

دروس پیش نیاز: ریاضیات مهندسی

هدف:

در این درس دانشجویان با روشهای تحلیل سیگنالها و سیستمهای زمان پیوسته و گسسته آشنا شده و کاربردهای این روشها را در زمینه های مهندسی می بینند.

فهرست مطالب:

- مفاهیم زمان پیوسته

بررسی مفاهیم سیگنال و سیستم (انواع سیگنالها، سیگنالهای پایه، مفهوم سیستم، اتصال سیستمها)
بررسی خواص سیستم (خطی بودن، حافظه دار بودن، تغییر پذیری با زمان، علی بودن، پایداری)،
مفاهیم مدلسازی سیستم و بررسی انواع روشهای تحقق سیستم،
اشاره مختصر به انتگرال کانولوشن (بسیار خلاصه ذکر شود)،
بررسی سیستمهای خطی نامتغیر با زمان و خواص آن،
اشاره مختصر به سری فوری و خواص آن،
اشاره مختصر به تبدیل فوری و خواص آن،
تبدیل لاپلاس (معرفی، خواص، تبدیل معکوس، ناحیه همگرایی)،
ساده سازی نمودارهای بلوکی، تعیین پاسخ سیستمهای LTI و تحلیل پایداری با کمک ابزارهای معرفی شده،
رسم و تحلیل نمودار بود برای سیستمهای رسته یک و بالاتر (زمان پیوسته و گسسته)،
نمودار نایکویست،

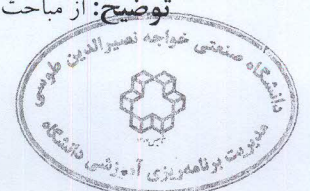
- مفاهیم زمان گسسته

نمونه برداری (معرفی، قضیه نمونه برداری، نرخ نمونه برداری نایکویست، اثر اختلاط فرکانسی فرکانسی)،
بررسی جمع کانولوشن و خواص آن،
سری فوری زمان گسسته و خواص آن،
تبدیل فوری زمان گسسته و خواص آن،
تبدیل فوری گسسته و تبدیل فوری سریع،
تبدیل Z (معرفی، خواص، تبدیل معکوس، ناحیه همگرایی)،
تعیین پاسخ سیستمهای LTI و تحلیل پایداری با کمک ابزارهای معرفی شده،
رسم نمودارهای پاسخ فرکانسی

- بررسی کاربردها

طراحی مقدماتی فیلترها،
بررسی روشهای مدولاسیون،
تحلیل سیستمهای فیدبک دار،

توضیح: از مباحث "بررسی کاربردها" دو مبحث از سه مورد به انتخاب مدرس تدریس خواهد شد و ارائه یک پروژه در درس توصیه می شود.



منابع:

۱. سیگنالها و سیستمها، اثر A.V. Oppenheim and A.S. Willsky ترجمه دکتر علی خاکی صدیق و دکتر کمال محامد پور، انتشارات دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی.
2. A. V. Oppenheim and A. S. Willsky, **Signals and Systems**, Prentice Hall, 1999.
3. S. S. Haykin and B. Van Veen, **Signals and Systems**, John Wiley & Sons, 1998



عنوان درس: کنترل خطی

تعداد واحد، نیمسال و مقطع: ۳ واحد نظری - نیمسال اول یا دوم - کارشناسی - تخصصی الزامی

دروس پیش نیاز: تجزیه و تحلیل سیستمها

هدف:

در این درس دانشجویان با روشهای تحلیل و طراحی سیستمهای کنترل خطی در حوزه زمان و فرکانس آشنا می شوند.

فهرست مطالب:

- مقدمه

آشنایی با سیستمهای کنترل (مقدمه، معرفی و کلیات، مشخصه های عملکرد کنترلی)،

مدلسازی سیستمهای نمونه، مدل فضای حالت و تابع تبدیل،

معرفی ساختارهای مختلف کنترلی (حلقه بسته، حلقه باز، پیش خور و)،

ارائه یک مثال مدلسازی (به عنوان نمونه: موتور DC)،

- نمایش سیستمهای کنترل خطی

یادآوری نمودار بلوکی و قوانین و روشهای ساده سازی،

سیگنال فلوگراف و قانون مینس و یافتن سیگنال فلوگراف از روی تابع تبدیل،

- پاسخ زمانی یک سیستم خطی

پاسخ ضربه، پاسخ پله، پاسخ شیب و پاسخ به ورودی شتابی و بررسی خطای حالت ماندگار،

تعریف نوع سیستم و مرتبه ورودی ها و خطای حالت ماندگار،

تحلیل پاسخ حالت گذرای سیستم به ورودی های مذکور و مشخصه های پاسخ زمانی مدارهای مرتبه اول و دوم، زمان خیز، زمان نشست،

خطای حالت ماندگار، فراجش، ضریب تضعیف،

- تحلیل پایداری

تعریف پایداری BIBO،

معادله مشخصه، قطبها و شرایط پایداری،

محک پایداری روث-هرویتز،

بررسی معیار روث-هرویتز وقتی در سیستم عامل تأخیر وجود داشته باشد،

- روش مکان هندسی ریشه ها

نمودارهای مکان ریشه و ارتباط بین قطب حلقه بسته با بهره حلقه،

قوانین رسم نمودار مکان ریشه،

رسم مکان ریشه وقتی در سیستم عامل تأخیری وجود داشته باشد و رسم مکان ریشه برای سیستم با فیدبک مثبت،

تحلیل مکان ریشه ای سیستمهای کنترل، انتخاب بهره، طراحی بهره استاتیک، مشخصه های مطلوب، ارتباط بین حوزه زمان و حوزه فرکانس،

- طراحی به کمک مکان هندسی ریشه ها

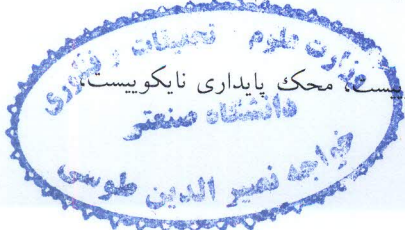
طراحی جبران سازهای بهره تناسبی، پیش فاز، پس فاز، پیش فاز-پس فاز به کمک مکان هندسی ریشه ها

طراحی جبران ساز PID به کمک مکان هندسی ریشه ها

- روشهای پاسخ فرکانسی

یادآوری نمودار بود، ارتباط بین دامنه و فاز، تعریف سیستم مینیم فاز و غیر مینیم فاز و مقایسه نمودار بود در آنها، رسم منحنی فاز از روی

یادآوری نمودار نایکویست، محاط بودن و تعداد قطبهای حلقه بسته، نقاط عادی و منفرد، کانتور نایکویست، محک پایداری نایکویست،



مشخصه های پایداری، قطبها و صفرها بر روی محور موهومی، ارتباط بین نمودار بود و نمودار نایکویست
ارتباط بهره حلقه L ، تابع حساسیت S و تابع تبدیل حلقه بسته T
نمودار نیکولز، منحنی های M ، حساسیت و تعریف حساسیت در توابع تبدیل، مشخصه های فیدبک و بهره حلقه در نمودار نیکولز

- طراحی فرکانسی

تعریف حاشیه های پایداری، حاشیه بهره و فاز، پهنای باند، فرکانسهای شکست، ارتباط بین پاسخ زمانی و پاسخ فرکانسی
طراحی کنترل کننده بر مبنای نمودار نایکویست
طراحی کنترل کننده P بر پایه حاشیه پایداری
طراحی کنترل کننده PI بر مبنای مشخصه های حالت ماندگار یا دفع اغتشاش در حالت ماندگار
طراحی کنترل کننده پسفاز، کنترل کننده PD و پهنای باند حلقه بسته، کنترل کننده پشفاز، کنترل کننده پشفاز-پسفاز و PID ، مثال جامع

توضیح:

در تدریس این درس از ابزارهای شبیه سازی سیستمهای کنترلی، در تحلیل و طراحی استفاده خواهد شد. همچنین دانشجویان با انجام پروژه پایانی، مفاهیم یادگرفته شده به خصوص در مبحث طراحی را بر روی سیستمهای کنترلی پیاده سازی نموده و نتایج را تحلیل و بررسی خواهند نمود.

منابع:

1. دکتر علی خاکی صدیق، سیستمهای کنترل خطی، دانشگاه پیام نور، ۱۳۷۹.
2. R.C. Dorf & R. H. Bishop, **Modern Control Systems**, 9/e., Prentice-Hall, 2001
3. K. Ogata, **Modern Control Engineering**, Prentice Hall, 3rd ed., 1996.
4. B.C. Kuo, **Automatic Control Systems**, Prentice Hall, 1991.



عنوان درس: کنترل دیجیتال

تعداد واحد، نیمسال و مقطع: ۳ واحد نظری - نیمسال اول یا دوم - کارشناسی - تخصصی الزامی

دروس پیش نیاز: کنترل خطی، کنترل مدرن

هدف:

در این درس دانشجویان با روشهای طراحی و پیاده سازی کنترل کننده های دیجیتال به روشهای پایه و فضای حالت آشنا می شوند.

فهرست مطالب:

- مقدمه

معرفی سیستمهای کنترل دیجیتال و کامپیوتری، گذار از زمان پیوسته به گسسته و از مقدار پیوسته به دیجیتال، نمایش سیگنال نمونه ها در حوزه پیوسته و در حوزه گسسته، ارتباط طیف (فوريه) سیگنال اصلی و سیگنال نمونه ها، قضیه نمونه برداری (Shanon)، بازسازی سیگنال اصلی از سیگنال نمونه برداری شده، پدیده اختلاط فرکانسی، ارتباط لاپلاس سیگنال اصلی و سیگنال نمونه ها، لاپلاس سیگنال نمونه ها یا تبدیل Z سیگنال گسسته، از تبدیل Z سیگنال به خود سیگنال (معکوس تبدیل Z)، گذار از گسسته به پیوسته (ارائه داده ها)، معادل گسسته مدلهای پیوسته از روی تابع تبدیلیها، مدل سازی مبدل دیجیتال به پیوسته (D/A) یا نگهدار مرتبه صفر (ZOH)، نگهدار مرتبه یک، به دست آوردن اطلاعات بین نمونه ها

- نمایش و تحلیل خصوصیات سیستمهای دیجیتال

نمایش سیستمها توسط تبدیل Z ، معادل گسسته مدلهای پیوسته از روی معادلات حالت (از معادلات حالت در حوزه پیوسته به معادلات حالت در حوزه گسسته)، محاسبه تابع نمایی ماتریس (تابع انتقال حالت)، قضایای کنترل پذیری و رویت پذیری، معرفی تحقیقات گوناگون برای یک تابع تبدیل، پایداری و ناپایداری برای مدلهای گسسته و آزمون های آن

- روشهای طراحی پایه

استفاده از تقریبهای گسسته جبرانسازهای پیوسته (تبدیلیهای گوناگون و ملاحظات) شامل روشهای Tustin, BD, FD, SIM, IIM, Matched Poles and Zeros, Tustin with prewarp، فیلترهای ضد اختلاط فرکانسی، طراحی به کمک فن مکان هندسی ریشه ها و ملاحظات، طراحی در حوزه فرکانس و ملاحظات، طراحی به روش حداقل نمودن زمان نشست (بهینه زمان) و ملاحظات، طراحی با استفاده از ویژگیهای چند جمله ایها

- روشهای طراحی در فضای حالت

طراحی با استفاده از مفاهیم تحقیقات (رؤیتگری و بازخور حالت، روش جایابی قطب)، کنترل کننده های فضای حالت بهینه، فیلترهای کالمن، عملکرد ردیابی

- آشنایی با روشهای پیاده سازی کنترل کننده های دیجیتال

بررسی روشهای پیاده سازی کنترل دیجیتال در صنعت، بررسی نمونه صنعتی کنترل کننده دیجیتال.

توضیح:

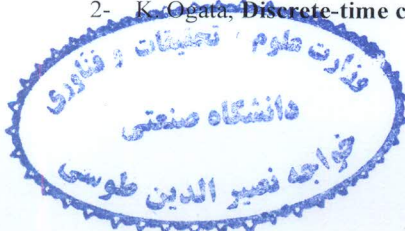
در تدریس این درس از ابزارهای شبیه سازی سیستمهای کنترلی، در تحلیل و طراحی استفاده خواهد شد. همچنین دانشجویان با انجام پروژه پایانی، مفاهیم یاد گرفته شده به خصوص در مبحث طراحی را بر روی سیستمهای کنترل دیجیتال پیاده سازی نموده و نتایج را تحلیل و بررسی خواهند نمود.

منابع:

1- K.J. Astrom and Wittenmark, Computer-controlled systems, Addison-Wesley, 1998.

2- K. Ogata, Discrete-time control systems, Prentice Hall, 1987.

ترجمه کتاب فوق توسط دکتر علی خاکی صدیق، انتشارات دانشگاه تهران.



عنوان درس: کنترل غیر خطی

تعداد واحد، نیمسال و مقطع: ۲ واحد نظری - نیمسال اول یا دوم - کارشناسی - تخصصی الزامی

دروس پیش نیاز: کنترل خطی و کنترل مدرن

هدف:

در این درس دانشجویان با مبانی تحلیل و طراحی سیستمهای کنترل غیر خطی آشنا می شوند.

فهرست مطالب:

- مقدمه

معرفی سیستمهای غیر خطی، معادلات حالت، نقطه تعادل، خصوصیات بارز سیستمهای غیر خطی و تعریف چرخه حدی.

- تحلیل فاز

خصوصیات سیستمهای غیر خطی رسته دو، ترسیم نمودار فاز، نقاط تکین، روشهای ترسیمی، روشهای عددی، تحلیل نمودار فاز.

- تحلیل پایداری

تعاریف پایداری، قضایای لیاپانوف مستقیم و غیر مستقیم، پایداری فراگیر، قضیه لاسال، قضایای ناپایداری و پایداری مطلق، طراحی کنترل کننده بر اساس تابع لیاپونف.

- تحلیل چرخه حدی

تعریف و خصوصیات چرخه حدی، قضایای وجود، تعریف توابع توصیفی، نمونه هایی از توابع توصیفی برای اشباع و منطقه مرده، تحلیل پایداری چرخه حدی با استفاده از توابع توصیفی.

- طراحی کنترل کننده های خطی برای سیستمهای غیر خطی

تعیین مدل خطی سازی شده ریاضی، طراحی کنترل کننده خطی برای مدل خطی سازی شده، پیاده سازی کنترل کننده بر روی سیستم غیر خطی در نقاط کار مختلف و بررسی اثرات غیر خطی در عملکرد کنترلی (به عنوان مثال بررسی اشباع، هیستریزیس و ناحیه مرده)، مقدمه ای بر مدلسازی و کنترل چندگانه

- طراحی کنترل کننده خطی ساز با فیدبک

روشهای خطی سازی ورودی-خروجی، دینامیک صفر، مثالهای کاربردی.

منابع:

1- H. Khalil, *Nonlinear Systems*, Prentice Hall, 1996.

2- J.J. Slotine and W. Li, *Applied Nonlinear Control*, Prentice Hall, 1991

۳- ترجمه [1] توسط دکتر غلامعلی منتظر، انتشارات دانشگاه تربیت مدرس.



عنوان درس: جبر خطی

تعداد واحد، نیمسال و مقطع: ۲ واحد نظری - نیمسال اول یا دوم - کارشناسی - تخصصی الزامی

دروس پیش نیاز: ریاضیات ۲

هدف:

در این درس دانشجویان با مفاهیم جبر خطی و کاربردهای آن در سیستمهای کنترل آشنا می شوند.

فهرست مطالب:

- بردارها و فضاهای برداری

میدان، فضای برداری خطی، وابستگی خطی و استقلال خطی، اسپن کردن فضا، پایه، ترکیب خطی بردارها، تغییر پایه در یک فضا، رتبه ماتریس، پوچی ماتریس، ضرب داخلی، تابع نرم، انواع نرم، بردارهای متعامد، فرایند متعامد سازی گرام-شمیت

- عملگرهای خطی در فضای برداری

تعریف خطی بودن، عملگر یک به یک، عملگر پوششی، فضای برد، فضای پوچی، تبدیلات همانندی، ماتریسهای مشابه، ترکیب عملگرهای خطی، فضای برداری عملگرهای خطی، نرم عملگرها، دستگاه معادلات خطی، عملگر الحاقی

- مقادیر ویژه، بردارهای ویژه

زیر فضای A-invariant، بردارهای ویژه، مقادیر ویژه یا طیف عملگر، هسته هرمیتی و ویژگیهای عملگرهای با هسته متقارن، قطری سازی ماتریسها، فرم جردن، چند جمله ای مشخصه، قضیه کیلی-همیلتون، چند جمله ای مینیمال، عملگرهای مثبت معین و منفی، نیمه معین مثبت و منفی و نا معین،

- عملگرهای خاص

عملگرهای هرمیتی، پادهرمیتی، یکانی، نرمال متقارن، پادمتقارن، متعامد و خواص آنها

- عملگرهای تجزیه ماتریسی و کاربردها

تجزیه به مقادیر تکین (Singular Value Decomposition)، عدد شرطی، SVD و مسئله حداقل مربعات، SVD و معکوس مجازی Pseudo Inverse، جهت های اساسی تابع تبدیل، تجزیه QR، تجزیه QR و محاسبه معکوس تعمیم یافته، تجزیه LU و چولسکی

منابع:

- 1- Gilbert Strang, **Introduction to Linear Algebra**, 3rd Edition, Wellesley-Cambridge Press, 2003.
- 2- W. L. Brogan, **Modern Control Engineering**, Prentice Hall, 1991.
- 3- S. Roman, **Advanced Linear Algebra**, Springer Verlag, 2001.
- 4- Ben, **Applied Linear Algebra**.



عنوان درس: کنترل مدرن

تعداد واحد، نیمسال و مقطع: ۳ واحد نظری - نیمسال اول یا دوم - کارشناسی - تخصصی الزامی
دروس پیش نیاز: جبر خطی و کنترل خطی

هدف:

در این درس دانشجویان با مفاهیم فضای حالت آشنا شده و روشهای طراحی کنترل کننده در این فضا را فرا می گیرند.

فهرست مطالب:

- مقدمه و آشنایی با سیستمهای کنترل مدرن

آشنایی با نمایشهای داخلی (تابع تبدیل) و خارجی (فضای حالت) سیستمهای کنترل و مزایای به کارگیری متغیرهای حالت و نمایش فضای حالت، چند مثال عملی، تعاریف اولیه

- مروری بر مفاهیم جبر خطی

فضاهای برداری، ترکیبهای خطی، نگاشتهای خطی، دستگاه معادلات جبر خطی

- نمایش سیستمهای خطی

خواص سیستمهای خطی، جواب معادلات دیفرانسیل سیستمهای خطی

نمایش فضای حالت، انتخاب متغیرهای حالت، حل معادلات فضای حالت، روشهای بدست آوردن ماتریس انتقال حالت، لاپلاس، حالت دینامیکی، روش هامیلتون، روش سیلوستر

تبدیل همانندی، قطری سازی، فرم کانونیکال جردن

مدلسازی بر اساس معادلات لاگرانژ، خطی سازی ریاضی، عدم قطعیت در مدلسازی

مدلسازی بر پایه مشخصه های فیزیکی سیستمهای الکتریکی، سیستمهای الکترومکانیکی، سیستمهای مکانیکی، سیستمهای هیدرولیکی

- کنترل پذیری و رویت پذیری

چند مثال عملی، تعاریف و شرایط کنترل پذیری و رویت پذیری، دوگانی سیستمهای خطی، کنترل پذیری خروجی و تابعی، ترکیب کانونیکال کالمن

- نظریه تحقق و پایداری

تحقق مینمال، تحقق سیستمهای SISO, SIMO, MISO

تعاریف پایداری، پایداری درونی، پایداری BIBO، روشهای اول و دوم لیاپانوف

- سیستمهای کنترل فیدبک حالت

مفاهیم اولیه، محاسبه بهره فیدبک حالت، سیستمهای چند ورودی، اثرات فیدبک حالت، طراحی سیستمهای ردیاب

روشهای جایابی قطب، جایابی قطب برای سیستمهای MIMO

دفع اغتشاش، فیدبک حالت با کنترل انتگرالی

- رویتگرهای خطی

ساختار و خواص رویتگرهای مرتبه کامل و مرتبه کاهش یافته، سیستمهای کنترل فیدبک حالت با رویتگر، طراحی جایابی قطب با فیدبک خروجی

فیدبک حالت با رویتگر، قضیه جداسازی، فیدبک حالت با تخمین اغتشاش، عملکرد حلقه بسته

- آشنایی با کنترل بهینه

فیدبک حالت بهینه LQR، انتخاب بهره اعمالی

رویتگر حالت بهینه LQE، فیلتر کالمن



توضیح:

در تدریس این درس از ابزارهای شبیه سازی سیستمهای کنترلی، در تحلیل و طراحی استفاده خواهد شد. همچنین دانشجویان با انجام پروژه پایانی، مفاهیم یادگرفته شده به خصوص در مبحث طراحی را بر روی سیستمهای کنترلی پیاده سازی نموده و نتایج را تحلیل و بررسی خواهند نمود

منابع:

- ۱- علی خاکی صدیق، اصول کنترل مدرن، انتشارات دانشگاه تهران، ۱۳۸۳.
- ۲- حمید رضا تقی راد، مقدمه ای بر کنترل مدرن، انتشارات دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، ۱۳۸۲.
- 3- C-T Chen, Linear System Theory and Design, 3rd edition, Oxford University Press, 1999.
- 4- Brogan, W.L., Modern Control Theory, Prentice Hall, 1991.



عنوان درس: کنترل صنعتی

تعداد واحد، نیمسال و مقطع: ۳ واحد نظری - نیمسال اول یا دوم - کارشناسی - تخصصی الزامی

دروس پیش نیاز: کنترل خطی

هدف:

در این درس دانشجویان با ساختارهای مختلف کنترل صنعتی آشنا شده و روشهای طراحی و پیاده سازی این کنترل کننده ها در صنعت را فرا می گیرند.

فهرست مطالب:

- تعاریف و کلیات

فرایند صنعتی، مزایای اتوماسیون، عناصر اتوماسیون، مدلسازی و کنترل فرایند، کنترل کننده های PID

- اتوماسیون صنعتی

مقدمه، نمودار کنترل سیستم از سخت افزار تا DCS و سپس FCS، مقدمه ای بر P&ID

PLC اصول پایه، سخت افزار، روشهای برنامه ریزی، برنامه ریزی نردبانی، توسعه یک برنامه ساده، مثالهایی از کاربرد PLC در فرایند صنعتی

- مدلسازی فرایند

مدلسازی بر اساس اصول فیزیکی حاکم بر فرایند، به دست آوردن معادلات حالت،

معرفی و مدلسازی مکانیسمهای کنترل سطح، جریان، فشار، دما و غلظت

- شناسایی فرایند

مدلسازی استاتیکی، مدلسازی دینامیک برای سیستمهای مرتبه اول و دوم بدون تأخیر و با تأخیر، فرایندهای انتگرالی، سیستمهای نوسانی

معرفی نسبت کنترل پذیری و بهره نهایی نرمالیزه شده K, T ،

روشهای پاسخ فرکانسی، روش پاسخ فرکانسی زیگلر-نیکولز، روش فیدبک رله ای

روشهای پیشرفته شناسایی پارامتری، روش حداقل مربعات، سیستمهای گسسته و پیوسته رتبه بالا

- طراحی، تنظیم و پیاده سازی کنترل کننده PID

معیارهای طراحی کنترل کننده ها (پایداری، ردیابی، حذف اغتشاش، حذف نویز، عدم حساسیت به مدل)،

معرفی بخشهای مختلف کنترل کننده PID، اثر جمع شدن (اشباع) انتگرالگیر

انواع روشهای پیاده سازی (الکتریکی، الکترونیکی، نیوماتیکی، دیجیتالی)، معرفی یک کنترل کننده PID صنعتی، روشهای DDC

روشهای تنظیم زمانی زیگلر-نیکولز، ISE, IAE، روشهای تنظیم فرکانسی زیگلر-نیکولز و روشهای دیگر (زیگلر-نیکولز تعمیم یافته، فرتیک)

ویژگیهای کنترلی PID، مواقعی که کنترل کننده PID کافی نیست: سیستمهای با تأخیر و سیستمهای درجه بالا، چه وقت و چرا روش زیگلر-

نیکولز مؤثر است، عدم مشتق گیری از ورودی مرجع

- معرفی ساختارهای کنترلی در صنعت

کنترل کننده های on/off، پیشخور (Feed forward)، موازی (Cascade)، انتخابی (Selector)، اولویت دار (Override)، کنترل نسبت (Ratio)

Control) و چند بازه ای (Split range).

توضیح:

در تدریس این درس دانشجویان با انجام پروژه پایانی، مفاهیم یاد گرفته شده به خصوص در مبحث طراحی را بر روی سیستمهای کنترلی پیاده

سازی نموده و نتایج را تحلیل و بررسی خواهند نمود.



منابع:

- 1- K.J. Astrom & T. Hagglund, **PID Controller**, The International Society of Measurement and Control, 1995.
- 2- A.J. Crispin, **PLC and their engineering application**, McGraw Hill, 1990.

۳- حمید رضا تقی راد، مقدمه ای بر اتوماسیون و کنترل فرایندهای صنعتی، انتشارات دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، ۱۳۸۱.



عنوان درس: ابزار دقیق

تعداد واحد، نیمسال و مقطع: ۳ واحد نظری - نیمسال اول یا دوم - کارشناسی - تخصصی الزامی

دروس پیش نیاز: کنترل خطی

هدف:

در این درس دانشجویان با انواع مبدلها و مبدلها آشنا شده و روش بکارگیری آنها را در سیستمهای کنترلی می آموزند.

فهرست مطالب:

- تعاریف و کلیات

کاربردهای سیستمهای ابزار دقیق، خطای اندازه گیری و دقت، قابلیت اطمینان، مدل استاتیکی حسگرها، کالیبراسیون حسگرها، معرفی حسگرهای مختلف

- مدارهای بهسازی (آماده سازی) سیگنال

معرفی مدارهای فعال و غیر فعال، جبران بایاس، تقویت کننده و بهره، فیلترها، مثالهای اندازه گیری دما و تنش

- مبدلهای نیرو، گشتاور، فشار

مقدمه ای بر کشش و فشار، مقیاس های کشش، مدارهای بهسازی، معرفی کرنش سنج، معرفی نیرو

مبدلهای مختلف نیرو و گشتاور یک بعدی و دو بعدی

اندازه گیری دو محوری نیرو-گشتاور، اندازه گیری ۳ و ۶ محوری گشتاور-نیرو،

مبدلهای فشار، مبدلهای خلأ

- مبدلهای موقعیت و سرعت

تعاریف، ارتباطات سینماتیک، مبدلهای پتانسیومتری، مقاومتی، خازنی، مغناطیسی، LVDT، RVDT، Synchro،

انکدرهای افزایشی و مطلق، شمارنده، اندازه گیریهای سرعت زاویه ای و خطی، مبدلهای سائز میک،

- مبدلهای دما

تعاریف و روشهای اندازه گیری، ترمومترهای مقاومتی، RTD ها، ترمیستورها،

ترموکوپلها، خواص ترموالکتریک، مواد ترموالکتریکی، انواع ترموکوپل

انواع ترموکوپلهای صنعتی، پیرومتری و انواع پیرومترها، ترمومترها فوتونیک، روشهای کالیبراسیون

- مبدلهای اندازه گیری جریان سیال

تعاریف اولیه، رابطه سرعت و فشار در سیالهای تراکم ناپذیر و تراکم پذیر، اصول فیزیکی حاکم بر سیالات

اندازه گیری دبی در لوله ها، انواع مبدلها (ونتوری، نازل، اریفیس)، لوله پیتوت

اندازه گیری دبی در کانالهای باز (دریچه سلوس و مانع ویر)، روشهای اندازه گیری توسط روتامتر متحرک و فلومتر توربینی،

روشهای اولتراسونیک، آنیمومترهای سیم یا فیلم داغ و داپلر

- عملگرها

انواع شیرهای کنترلی (نیوماتیک و هیدرولیک)، شیرهای On/Off، شیرهای تنظیم فشار و تنظیم دبی، شیرهای دو وضعیتی، سه وضعیتی، شیر

کنترل تناسبی

عملگرهای خطی، دورانی، نیمه دورانی، انواع جکهای هیدرولیک و نیوماتیک

انواع عملگرها الکتریکی مورد استفاده در شیرهای کنترل،

مبدلهای P/E, E/P،

روشهای انتقال داده



مقدمه ای بر گذرگاه داده ها، مقدمه ای بر فیلدباس، ترانسمیترهای 4-20mA و ترانسمیترهای 0-10Volt، ترانسمیترهای محیط امن در محیطهای صنعتی (Intrinsically Safe)

توضیح: بخش روشهای انتقال داده و بخشهای پیشرفته از مطالب سایر فصول به صورت پروژه درسی و خارج از زمان درس قابل ارائه خواهد بود.

منابع:

- 1- Alan S. Morris, **Measurement and Instrumentation Principles**, Butterworth-Heinemann, 2001.
- 2- J.W. Dally, W.F. Riley and K.G. McConnell, **Instrumentation for engineering measurements**, Prentice Hall, 1983.
- 3- Curtis D. Johnson, **Process Control Instrumentation Technology**, Prentice Hall, 2000.
- 4- E.A. Parr, **Industrial Control Handbook**, Industrial Press, 3rd Ed., 1998.



عنوان درس: مبانی بهینه سازی

تعداد واحد، نیمسال و مقطع: ۳ واحد نظری - نیمسال اول - کارشناسی - تخصصی اختیاری

دروس پیش نیاز: ریاضی ۲، برنامه نویسی کامپیوتر (بعد از نیمسال ۶، پس از انتخاب گرایش)

هدف:

در این درس دانشجویان با مبانی بهینه سازی آشنا شده و چند روش بهینه سازی را می آموزند.

فهرست مطالب:

- معرفی مبانی بهینه سازی

بهینه سازی غیر مقید و بهینه سازی مقید (برنامه ریزی)

- مدل‌های ریاضی

مدل برنامه ریزی خطی و غیر خطی

- حل مسئله برنامه ریزی خطی

روش سیمپلکس، M بزرگ، دوگانگی و تحلیل حساسیت، بیان ماتریسی مسئله برنامه ریزی خطی، روش حل مسائل با متغیرهای کرانه دار

- برنامه ریزی غیر خطی

برنامه ریزی غیر خطی درجه ۲، روش لاگرانژ

- تکنیک‌های بهینه سازی هوشمند

الگوریتم ژنتیک

- آشنایی با نرم افزارهای بهینه سازی

توضیحات: در بخش ۴ علاوه بر موارد ذکر شده، استاد می تواند دو یا سه مورد از مباحث زیر را نیز به اختیار در حد آشنایی، بیان مدل مسئله

و حل مسئله در شرایط ساده مطرح نماید: مدل ترابری و تخصیص، مدل‌های برنامه ریزی خطی با عدد صحیح، برنامه ریزی پویا، برنامه ریزی

فازی، نظری بازیها، برنامه ریزی احتمالی، حل مسائل با ابعاد بزرگ و پارامتری

ارزیابی پیشنهادی: نحوه ارزیابی بر عهده استاد می باشد لیکن استفاده از نرم افزارهای مربوطه در قالب تمرینها یا پروژه ها توصیه می شود.

منابع:

۱- حمدی طه، ترجمه: محمد بازرگان، مبانی تحقیق در عملیات،

۲- سید مهدی شهیدی پور، بهینه سازی (نظری و کاربرد)، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.

3- M. S. Bazaraa, J. J. Jarvis and H. D. Sherali, **Linear Programming and Network Flows**, 2nd ed., John Wiley & Sons, New York, 1990.

4- T. Edgar, D. Himmelblau, L. Lasdon, **Optimization of chemical processes**, McGraw-Hill, 2001

5- Cordon O., Herrera F., Hoffmann F., Magdalena L., **Genetic Fuzzy Systems: Evolutionary Tuning and Learning of Fuzzy Knowledge Bases**, World Scientific, 2001.



عنوان درس: مبانی سیستمهای هوشمند

تعداد واحد، نیمسال و مقطع: ۳ واحد نظری - نیمسال اول - کارشناسی - تخصصی اختیاری

دروس پیش نیاز: برنامه نویسی کامپیوتر، کنترل خطی

هدف:

در این درس دانشجویان مبانی سیستمهای هوشمند را فرا گرفته و با انواع سیستمهای هوشمند نظیر شبکه عصبی، سیستمهای فازی و روشهای پردازش تکاملی آشنا می شوند.

فهرست مطالب:

(۱) مقدمه و تعاریف اولیه سیستمهای هوشمند و آشنایی با هوش مصنوعی

(۲) سیستمهای فازی

- مجموعه ها و سیستمهای فازی

مجموعه فازی و متغیرهای فازی، عملگرهای AND، OR، NOT، رابطه های فازی (گسترش سیلندری، تصویر کردن)، عملگر استلزام، استنتاج فازی (ممدانی، زاده).

- مدلسازی فازی

قضیه تقریب عمومی، تقریب توابع غیر خطی با سیستمهای فازی (چند روش اولیه تقریب زدن توابع غیر خطی، مثل جداول جستجو و)

- کنترل کننده های فازی

مفهوم کنترل کننده فازی، روشهای کیفی طراحی (اشاره به تکنیکهای آماری در بدست آوردن توابع عضویت و قواعد)، طراحی کنترل کننده پایدار فازی برای سیستمهای خطی، کنترل کننده فازی به عنوان سوپروایزر: الف) تنظیم پارامترهای PID خطی با کمک سیستمهای فازی، ب) تنظیم نقاط کار حلقه های داخلی

- معرفی سیستم فازی بر اساس مدل TSK (تاکاگی - سوگنو)

(۳) شبکه های عصبی

- مبانی شبکه های عصبی

مفاهیم اولیه، نورون خطی، تحقق توابع خطی با شبکه های عصبی خطی، مدلسازی خطی فرایندها با تاکید بر تاخیر در ورودیها و خروجی ها، آموزش شبکه، مشکل شبکه های خطی، نورون غیر خطی، شبکه عصبی پرسپترون چند لایه (MLP)، آموزش پس انتشار خطا

- مدلسازی با شبکه های عصبی

قضیه تقریب عمومی، تقریب توابع غیر خطی با شبکه های عصبی، مقدمه ای بر مدلسازی فرایندهای غیر خطی با شبکه عصبی

- کنترل کننده های شبکه عصبی

معرفی انواع ساختارهای کنترل کننده های عصبی مانند، کنترل پیشخور، کنترل پسخور، ساختار مدل مرجع.

- سیستمهای عصبی - فازی و طراحی کنترل کننده فازی به کمک شبکه عصبی (ANFIS)

- روشهای پیشرفته تحقق و طراحی کنترل کننده های فازی و عصبی

(۴) الگوریتمهای ژنتیکی

- معرفی الگوریتم ژنتیکی

الگوریتم ژنتیکی پایه، روشهای بهبود عملکرد GA مانند روشهای کودینگ غیر باینری و حقیقی، توابع fitness، انواع گزینش، عملگرهای برش و جهش

- کاربرد GA در طراحی کنترل کننده های PID خطی و کنترل کننده های فازی

(۵) معرفی و آشنایی مقدماتی با مباحث دیگر سیستمهای هوشمند

سیستمهای عاملگزار سیستمهای خبره.

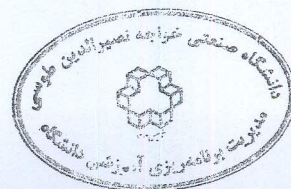


توضیحات: انتخاب مباحث پیشرفته در بخشهای ۳ و ۵ به تشخیص استاد می باشد.
در صورتیکه مبحث الگوریتم ژنتیکی در درس مبانی بهینه سازی ارائه نشده باشد، مطابق بخش (۴) در این درس معرفی گردد. در غیر این صورت تنها بند (کاربرد GA در طراحی کنترل کننده PID...) از بخش (۴) تدریس شود.

ارزیابی پیشنهادی: نحوه ارزیابی بر عهده استاد می باشد لیکن استفاده از نرم افزارهای مربوطه در قالب تمرینها یا پروژه ها توصیه می شود.

منابع:

- ۱- دکتر مهدی غضنفری، مهندس زهرا کاظمی، **اصول و مبانی سیستمهای خبره**، انتشارات دانشگاه علم و صنعت ایران.
- ۲- لی وانگ، ترجمه دکتر محمد تشنه لب، نیما صفارپور و داریوش افیونی، **سیستمهای فازی و کنترل فازی**، انتشارات دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، ۱۳۷۸.
- 3- Robert J. Schalkoff, **Artificial Intelligence: An Engineering Approach**, McGraw-Hill 1990
- 4- Passino K. M., Yurkovich S., **Fuzzy Control**, Addison-Wesley Longman, 1998.
- 5- Hagan M.T., Demuth H.B., Beale M., **Neural Networks Design**, PWS Publishing Co., 1996.
- 6- Ng G.W., **Application of Neural Networks to Adaptive Control of Nonlinear Systems**, Research Studies Press, 1997.
- 7- Cordon O., Herrera F., Hoffmann F., Magdalena L., **Genetic Fuzzy Systems: Evolutionary Tuning and Learning of Fuzzy Knowledge Bases**, World Scientific, 2001.
- 8- Hung T. Nguyen, Nadipuram R. Prasad, Carol L. Walker, Ebert A. Walker, **A First Course in Fuzzy and Neural Control**, Chapman & Hall/CRC, 2003.



عنوان درس: آزمایشگاه کنترل فرآیندهای صنعتی

تعداد واحد، نیمسال و مقطع: ۱ واحد عملی - نیمسال اول یا دوم - کارشناسی - تخصصی الزامی

دروس پیش نیاز: آزمایشگاه کنترل خطی، کنترل صنعتی.

هدف:

در این آزمایشگاه دانشجویان علاوه بر یادگیری روش ها و مکانیزم های طراحی کنترل کننده برای فرآیندهای صنعتی، این روش ها را به طور عملی بر روی فرآیندهای کنترل سطح، دبی، حرارت و فشار که کاربرد وسیعی در صنایع مختلف دارند اجرا می نمایند.

عناوین آزمایشها:

آزمایش اول- آشنایی با فرآیندهای کنترل درجه حرارت، دبی، فشار و سطح.
آزمایش دوم- آموزش کار با کنترل کننده های JUMO و نرم افزار LABVIEW
آزمایش سوم و چهارم- مدل سازی فیزیکی فرآیند کنترل دبی و کنترل سطح
آزمایش پنجم و ششم- مدل سازی تجربی (جعبه سیاه) فرآیند کنترل درجه حرارت و کنترل فشار
آزمایش هفتم- کنترل حلقه باز و حلقه بسته زیگلر نیکولز فرآیندهای دبی، سطح، درجه حرارت و فشار
آزمایش هشتم- روش های فرتیک، CHR، و پاسخ پله برای فرآیندهای صنعتی فوق و مقایسه آنها با هم
آزمایش نهم- روش کنترل رله فیدبک برای فرآیند فشار و مقایسه آن با روشهای دیگر
آزمایش دهم- روش کنترل Override برای فرآیند درجه حرارت و مقایسه آن با روشهای دیگر
آزمایش یازدهم- روش کنترل Cascade برای فرآیند دبی و مقایسه آن با روشهای دیگر
آزمایش دوازدهم- روش کنترل Cascade برای فرآیند سطح و مقایسه آن با روشهای دیگر
آزمایش سیزدهم- روش کنترل Feedforward برای فرآیند فشار و مقایسه آن با روشهای دیگر
آزمایش چهاردهم- روش کنترل Feedforward برای فرآیند درجه حرارت و مقایسه آن با روشهای دیگر
توضیح: از آزمایشها فوق هشت آزمایش اول لازم الاجرا و انجام تنها دو آزمایش از شش آزمایش ردیف نه تا چهاردهم برای تکمیل مفاد درسی آزمایشگاه ضروری است.

منابع:

1. K.J. Astrom & T. Hagglund, **PID Controller**, The International Society of Measurement and Control, 1995.
2. C.A. Smith & A.B. Corripio, **Principles and Practice. of Automation Process Control**, John-Wiely, 1985.
3. K.T. Erickson, J.L. Hedrick, **Plant wide Process Control**, John-Wiley, 1999.

۴. دکتر حمید رضا تقی راد، مقدمه ای بر اتوماسیون و کنترل فرآیندهای صنعتی، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، ۱۳۸۱.



عنوان درس: آزمایشگاه کنترل دیجیتال و غیرخطی

تعداد واحد، نیمسال و مقطع: ۱ واحد عملی - نیمسال اول یا دوم - کارشناسی - تخصصی الزامی

دروس پیش نیاز: کنترل دیجیتال، آزمایشگاه کنترل خطی

دروس هم نیاز: کنترل غیرخطی

هدف:

در این آزمایشگاه ضمن تاکید بر مباحث اصلی درس کنترل دیجیتال و غیرخطی دوره کارشناسی، دانشجویان با بکارگیری پردازنده و مبدل‌های گسسته به پیوسته و پیوسته به گسسته به طور عملی به طراحی و پیاده‌سازی کنترل‌کننده‌های زمان گسسته اقدام می‌نمایند.

عناوین آزمایشها:

آزمایش اول - آشنایی با مجموعه جمع‌آوری داده ونحوه برقراری ارتباط فضای گسسته با محیط پیوسته، بررسی طیف سیگنال گسسته، تحلیل رفتار غیرخطی و محدودیت‌های مبدل‌های پیوسته به گسسته و گسسته به پیوسته

آزمایش دوم - شناسایی سرو موتور جریان مستقیم و فرآیند حرارتی به روش تخمین حداقل مربعات خطا (در جزوه مربوط به آزمایش توضیحات تئوری آن بصورت خلاصه خواهد آمد)

آزمایش سوم - پیاده‌سازی کنترل‌کننده‌های زمان گسسته طراحی شده با روشهای کنترل پیوسته و همینطور تأثیر تغییر در زمان نمونه‌ها

آزمایش چهارم - پیاده‌سازی کنترل‌کننده‌های زمان گسسته طراحی شده با فن مکان هندسی ریشه‌ها

آزمایش پنجم - پیاده‌سازی کنترل‌کننده‌های زمان گسسته طراحی شده با روشهای فرکانسی

آزمایش ششم - پیاده‌سازی کنترل‌کننده‌های زمان گسسته طراحی شده با روش کمترین زمان نشست و بررسی وجود موجک بین نمونه‌ای و حل آن و همینطور تأثیر زمان نمونه‌ها

آزمایش هفتم - پیاده‌سازی روتگر حالت کامل و با کاهش مرتبه

آزمایش هشتم - پیاده‌سازی باز خور حالت

آزمایش نهم - پیاده‌سازی کنترل‌کننده‌های طراحی شده بکمک آزمایشهای هفتم و هشتم

آزمایش دهم - آشنایی با صفحه فاز و مسیرهای حالت برای چند سیستم خطی و غیر خطی

آزمایش یازدهم - ایجاد چرخه حدی و مشاهده و تحلیل آن بکمک توابع توصیفی

آزمایش دوازدهم - اجرای کنترل بنگ-بنگ برای دو انتگرالگیر سری و برای موتور جریان مستقیم

آزمایش سیزدهم - نگاهی به روشهای خطی سازی سیستمهای غیر خطی از جمله جبران ناحیه مرده موتور

منابع:

۱- Ogata K.، مترجم ها: پرویز جبه دار، علی خاکی صدیق: سیستمهای کنترل زمان گسسته

2- Oppenheim. A. V., Digital signal Processing, Prentice-Hall, 1987



هدف:

در صنعت اتوماسیون PLC جایگاه ویژه ای دارد. لازم است دانشجویان گرایش کنترل رشته برق که متولی اصلی این بخش از صنعت هستند آموزش لازم را در این زمینه کسب نمایند. به همین منظور در آزمایشگاه PLC دانشجویان با امکانات سخت افزاری و نرم افزاری یک نمونه از PLC، کار کرده و نحوه بکارگیری انواع ماژولهای سخت افزاری، نحوه ایجاد پیکر بندی در محیط نرم افزار، استفاده از عملیات منطقی، ریاضی و انتقال در برنامه به سه زبان (STL, LAD, FBD)، نحوه ایجاد برنامه سازمان یافته و همچنین نحوه ایجاد و استفاده از شبکه های صنعتی را آموزش دیده و سر انجام آموزش های فوق را در ایجاد پنج نمونه از پروژه های اتوماسیون صنعتی بکار گرفته و نتایج را روی سیستم های مربوطه آزمایش و رفع اشکال می نمایند.

عناوین آزمایشها:

آزمایش اول- آشنائی کلی با عملکرد یک PLC در سیستم اتوماسیون و آشنائی با قابلیت های مهم آن، آموزش قابلیت هر یک از ماژول های PLC شامل منبع تغذیه، CPU، ورودی خروجی های دیجیتال، ورودی خروجی های آنالوگ، ماژولهای واسط و ماژولهای تابع (FM) و نحوه نصب و بکار گیری آنها

آزمایش دوم- آشنایی با محیط نرم افزار Simatic Manager step7 از شرکت زیمنس و آموزش نحوه ایجاد یک پروژه، نحوه پیکر بندی سخت افزار در محیط نرم افزار، تعیین آدرس کانالهای ورودی و خروجی، نحوه آدرس دهی انواع متغیر ها، استفاده از جدول سمبولها برای آدرس دهی متغیر ها به صورت سمبولیک، معرفی (OB1 Organization Block) و آموزش نحوه انتقال برنامه از PG به PLC و بلعکس.

آزمایش سوم- آشنائی با زبانهای برنامه نویسی Ladder (LAD)، Statement List (STL) و Function Block Diagram (FBD) و آموزش استفاده از توابع منطقی و عملیات انتقال بشکل بیتی، بایتی، Word و Double Word

آزمایش چهارم- آموزش استفاده از توابع ریاضی برای اعداد حقیقی و اعداد کسری.

آزمایش پنجم- آموزش ایجاد برنامه با استفاده از (FC Function)، (FB Function Block) و نحوه استفاده (DB DataBlock) برای FB.

آزمایش ششم- آشنائی با کار برد Organization Block هائی نظیر OB10 و OB102 .

آزمایش هفتم- نوشتن برنامه برای پروژه تابلوی الکتریکی جهت فرمان دادن به موتور AC بصورت چپ گرد - راست گرد، ستاره- مثلث، دالاندر و ترکیب آنها و همچنین اجرای این برنامه بر روی تابلو و رفع عیب احتمالی آن.

آزمایش هشتم- نوشتن برنامه برای پروژه آسانسور سه طبقه و همچنین اجرای این برنامه بر روی سیستم آسانسور و رفع عیب احتمالی آن.

آزمایش نهم- نوشتن برنامه برای پروژه چراغ راهنمایی و رانندگی برای سه راه و چهار راه و همچنین اجرای این برنامه بر روی این سیستم ها و رفع عیب احتمالی آنها.

آزمایش دهم- نوشتن برنامه برای پروژه خط تولید نوشابه و همچنین اجرای این برنامه بر روی این سیستم و رفع عیب احتمالی آن.

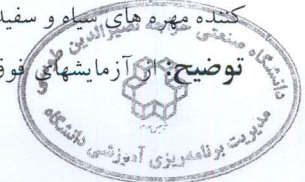
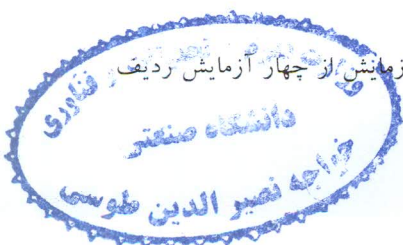
آزمایش یازدهم- نوشتن برنامه برای پروژه کنترل درجه حرارت محیط یک سالن با کنترل کردن سوخت بویلر با کنترل کننده دو وضعیتی و کنترل کننده های P و PI. و همچنین اجرای این برنامه بر روی این سیستم و رفع عیب احتمالی این برنامه ها.

آزمایش دوازدهم- آشنائی با شبکه (MPI Multipoint Point Interface)، (AS-I Actuator/Sensor Interface)، Profibus-DP و آموزش نحوه پیکر بندی برای ورودی خروجی گسترده.

آزمایش سیزدهم و چهاردهم- آشنائی با نرم افزار Wincc و ایجاد یک HMI (Human Machine Interface) برای یک سیستم (تفکیک

کننده مهر های سیاه و سفید) با استفاده از Wincc

توضیح: از آزمایشهای فوق شش آزمایش اول و آزمایشها دهم تا چهاردهم لازم الاجرا و انجام تنها دو آزمایش از چهار آزمایش ردیف



هفت تانه برای تکمیل مفاد درسی آزمایشگاه ضروری است.

منابع:

- 1- Reference Manual of Module Specification For S7-300 Programmable Controllers, Siemens
- 2- Manual of Hardware and Installation for S7 Programmable Controllers, Siemens
- 3- Manual of programming With Step7, Siemens
- 4- Manual of Ladder & Statement list & Function block diagram for S7-300 programming, Siemens
- 5- Reference Manual of System Software for S7-300 (System and Standard Function), Siemens
- 6- Manual of Configuring Hardware and Communication Connection S7, Siemens

۷- دکتر حمید رضا تقی راد، مقدمه ای بر اتوماسیون و کنترل فرایندهای صنعتی، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، ۱۳۸۱.



دروس الزامی رشته مهندسی برق، گرایش کنترل در سطح کارشناسی

ردیف	نام درس	نام لاتین	نوع درس	تعداد واحد	دروس پیش نیاز
۱	تجزیه و تحلیل سیستمها	Signals and Systems	نظری	۳	ریاضیات مهندسی
۲	کنترل خطی	Linear Control	نظری	۳	تجزیه و تحلیل سیستمها
۳	کنترل دیجیتال	Digital Control	نظری	۳	کنترل خطی، کنترل مدرن
۴	اصول کنترل غیر خطی	Principles of Nonlinear Control	نظری	۲	کنترل خطی، کنترل مدرن
۵	جبر خطی	Linear Algebra	نظری	۲	ریاضیات ۲
۶	کنترل مدرن	Modern Control	نظری	۳	جبر خطی، کنترل خطی
۷	کنترل صنعتی	Industrial Control	نظری	۳	کنترل خطی
۸	ابزار دقیق	Instrumentations	نظری	۳	کنترل خطی
۹	آزمایشگاه کنترل فرآیندهای صنعتی	Process Control Laboratory	عملی	۱	آزمایشگاه کنترل خطی، کنترل صنعتی.
۱۰	آزمایشگاه کنترل دیجیتال و غیر خطی	Nonlinear and Digital Control Laboratory	عملی	۱	کنترل دیجیتال، آزمایشگاه کنترل خطی همینا: کنترل غیر خطی

دروس تخصصی اختیاری رشته مهندسی برق، گرایش کنترل در سطح کارشناسی

ردیف	نام درس	نام لاتین	نوع درس	تعداد واحد	دروس پیش نیاز
۱	مبانی بهینه سازی	Principles of Optimization	نظری	۳	ریاضی ۲، برنامه نویسی کامپیوتر (بعد از نیمسال ۶، پس از انتخاب گرایش)
۲	مبانی سیستمهای هوشمند	Principles of Intelligent Systems	نظری	۳	برنامه نویسی کامپیوتر، کنترل خطی
۳	آزمایشگاه PLC	PLC Laboratory	عملی	۱	اصول میکرو کامپیوتر، کنترل صنعتی.