



استفاده از MATLAB 8 در طراحی و تحلیل سیستم های کنترل اتوماتیک

مؤلفین:

دکتر امیر حسین دوائی مرکزی (دانشیار دانشکده مکانیک دانشگاه علم و صنعت ایران)

مهندس علی اکبر علمداری (مدرس نرم افزار های تخصصی در دانشگاه های تهران)

مهندس حمید رضا علمداری

سرشناسه : علی اکبر علمداری ۱۳۶۳

عنوان و پدیدآور : استفاده از نرم افزار MATLAB8 در طراحی و تحلیل سیستم های کنترل اتوماتیک

مؤلفین : علی اکبر علمداری، امیر حسین دوائی مرکزی، حمید رضا علمداری

مشخصات نشر : تهران - رضویه ، آریا پژوه ۱۳۸۷

مشخصات ظاهری : ۴۱۴ صفحه ، مصور ، نمودار

شابک : ۹۷۸-۹۶۴-۸۱۴۹-۶۶-۱

وضعیت فهرست نویسی : فیپا

موضوع : نرم افزار Matlab و کنترل اتوماتیک

شناسه افزوده : دوائی مرکزی ، امیر حسین ۱۳۳۹

شناسه افزوده : علمداری ، حمید رضا ۱۳۴۸

رده بندی کنگره : ۱۳۸۷: ۷۷۷/۲۲۳ Tj

رده بندی دیویی : ۶۲۹/۸۹۵

شماره کتابشناسی ملی : ۱۲۰۴۴۵۰



کتابخانه ملی

آدرس انتشارات : تهران - خیابان انقلاب - خیابان شهید برادران مظفر جنوبی - پلاک ۴۸ - واحد ۵ - انتشارات رضویه -

۶۶۹۶۷۴۳۳ - تلفن همراه مدیر مسئول : ۰۹۱۲۱۳۸۰۲۴۷

استفاده از MATLAB 8 در طراحی و تحلیل سیستم های کنترل اتوماتیک

مؤلفین :

مهندس علی اکبر علمداری

دکتر امیر حسین دوائی مرکزی

مهندس حمید رضا علمداری

ویراستار : مهندس رضا حقیقی

طراح جلد : مهندس مهدی نجفی

مرکز بخش : انتشارات رضویه ۶۶۹۶۷۴۳۳ - انتشارات آریا پژوه ۸۸۹۷۲۲۳۳

لیتوگرافی ، صحافی و چاپ : نقش آور

تیراژ : ۱۵۰۰

نوبت چاپ : اول - ۱۳۸۷

قیمت : ۶۹۰۰ تومان

می‌گویند در درون هر یک از ما کودکی است که شادی و افسردگی ما تابعی از شادی و افسردگی اوست. خوشبختانه در طول تاریخ، وسایل بازی متنوع و در عین حال مفیدی برای کودک درون ما به وجود آمده است. این بازی‌های فرضی، در واقع در بر گیرنده گستره وسیعی از هنرها، ورزشها و دانش‌هایی است که در عین جدی بودن، از جذابیت کافی برای ارضای کودک درون ما نیز بهره‌مندند. در تنظیم محتوای این کتاب نیز کوشش شده است تا تعادلی منطقی بین عمق و پیچیدگی مطالب از یک سو، و قابلیت ایجاد انگیزه در مخاطبین، از سوی دیگر، به وجود آید. با این رویکرد، این کتاب را می‌توان راهنمای تفصیلی یک بازی فکری با کاربردهای واقعی نامید. بازی‌ای که قواعد آن تا حدی پیچیده بوده و تا مدتها احساس لذت پیروزی در صحنه چالش برانگیز مسائل قابل طرح در حوزه مهندسی کنترل را در درون ما زنده نگاه می‌دارد.

امروزه کمتر دستگاه صنعتی و یا خانگی را می‌توان یافت، که به نحو بارز و روزافزونی از محصولات دانش و هنر "طراحی و ساخت سیستم‌های کنترل خودکار" بی بهره باشد. تخمین زده می‌شود که بیش از ۴۰ درصد قیمت خودروهای جدید، به خاطر انواع سیستم‌های کنترلی پیشرفته‌ای است که بر روی آنها نصب است. سیستم کنترل ترمز ضد قفل (ABS)، سیستم کنترل توزیع نیروی ترمز (EBD)، سیستم‌های سوخت رسانی موتور، سیستم‌های کنترل گشتاور چرخها (Traction Control)، سیستم‌های کنترل پایداری (ESP)، سیستم‌های تثبیت خودکار سرعت (Cruise Control)، سیستم‌های تشخیص فواصل و موانع (ODS)، سیستم‌های تعیین موقعیت ماهواره‌ای (GPS)، سیستم‌های کنترل کیسه هوا (Air bag)، سیستم‌های تعلیق فعال و نیمه فعال (Active/Semi-active suspension)، و بالاخره سیستم‌های تشخیص زود هنگام تصادف و اقدامات پیش گیرانه، تنها نمونه‌هایی از سیستم‌هایی است که کمابیش در اکثر خودروهای نسل جدید قابل مشاهده است.

هدف این کتاب، ارائه تفصیلی نظریه سیستم‌های کنترل اتوماتیک نیست، زیرا کتابهایی چند به زبان فارسی، و البته دهها عنوان کتاب معتبر در زمینه نظریه و کاربردهای سیستم‌های کنترل خطی به زبانهای خارجی موجود است. روش این کتاب مبتنی بر استفاده از بسته نرم افزاری بسیار معتبر و معروف Matlab و جعبه ابزار تخصصی آن برای تحلیل و طراحی سیستم‌های کنترل است، تا به روشی کاربر پسند، مفاهیم اصلی و کاربردی را از طریق ارائه مثالهای عملی به خوانندگان منتقل نماید.

این کتاب شامل ۸ فصل اصلی است. در فصل اول کتاب، مروری نسبتاً تفصیلی بر تعاریف و روش های تحلیل و طراحی سیستم های کنترل خودکار ارائه می‌گردد. مسائلی همچون، مدل سازی ریاضی سیستم های دینامیکی، که درک ما را از رفتار سیستم‌های تحت کنترل ارتقا می‌دهد، و سایر معیارهای عملکردی برای رفتارهای مطلوب گذرا و ماندگار سیستم‌های کنترلی از اهم مباحث فصل اول است. همچنین، اصلی ترین روشهای کلاسیک برای طراحی سیستم‌های کنترل در حوزه لاپلاس، حوزه زمان (پیوسته و گسسته) و در حوزه فرکانس همراه با مثالهای متعدد و با استفاده از نرم افزار Matlab در فصل اول خواهد آمد. فصول بعدی کتاب هر یک شامل انجام یک پروژه در حوزه‌های متنوع مهندسی است، که طی آن مبانی مدل سازی و کنترل سیستم‌های مختلف، به صورتی دقیق ارائه می‌گردد. این پروژه‌ها بر اساس ایده‌های جدید برای آموزش درس کنترل در دانشگاه میشیگان سازماندهی شده است [3]. عناوین این پروژه‌ها شامل سیستم تثبیت سرعت خودرو (Cruise Control)، سیستم‌های کنترل سرعت و موقعیت موتورهای DC، سیستم کنترل تعلیق خودرو (Active

(suspension)، سیستم کنترل و تعادل آونگ وارونه (Inverted Pendulum)، سیستم کنترل موقعیت هواپیما در صفحه قائم (Pitch Control)، و سیستم کنترل موقعیت گوی بر روی تیر (Ball and Beam) مورد بررسی قرار گرفته است. جهت بهبود رفتار سیستم‌های کنترلی، نتایج طراحی‌های مرجع مذکور، بعضاً مورد بازنگری قرار گرفته و مباحثی جدید برای شبیه سازی سیستم‌های کنترلی مربوط به هر پروژه در جعبه ابزار simulink و بر اساس آخرین ویرایش آن در Matlab-R2008a اضافه شده است.

چنانکه ذکر کردیم، اگرچه این کتاب مأموریتی برای جایگزینی به جای کتب مرجع در زمینه معرفی سیستم‌های کنترل خطی برای خود قائل نیست، ولی به نظر نگارندگان، با روش ارائه شده در این کتاب، قابلیت جذب مبانی ارائه شده توسط اساتید محترم دانشگاهها، در سطوح کارشناسی و کارشناسی ارشد، افزایش یافته و دانشجویان عزیز با افق‌های کاربردی این دانش بدیع آشناتر خواهند شد.

در خاتمه ضمن تشکر از آقای مهندس رضا حقیقی که زحمت ویرایش بخش‌هایی از این کتاب را متقبل شدند، برای ارائه پیشنهادات و نظرات می‌توانید با پست الکترونیکی al_alamdari@mecheng.iust.ac.ir با مولفین کتاب در تماس باشید. امیدواریم کتاب حاضر، علیرغم همه کاستی‌های احتمالی، که بسیاری از آنها به دلیل تنگنای وقت فرصت اصلاح نیافته است، بتواند به هدف اصلی خود، که همانا کاربردی‌تر ساختن مفاهیم دقیق مهندسی کنترل است، نائل آمده و مورد قبول جامعه مخاطب آن قرار بگیرد. انشاءا...

امیرحسین دوائی مرکزی (دانشیار دانشکده مهندسی مکانیک- دانشگاه علم و صنعت ایران)

علی اکبر علمداری (کارشناس ارشد مهندسی مکانیک- دانشگاه علم و صنعت ایران)

حمید رضا علمداری (کارشناس مهندسی برق - دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی)

فهرست مطالب

فصل اول : مروری بر تعاریف و روش های طراحی سیستم های کنترل اتوماتیک.....	۱.....
۱-۱ مدل سازی سیستم های کنترلی.....	۳.....
۲-۱ تعاریف معیار های عملکردی سیستم های کنترلی در حوزه زمان.....	۱۵.....
۳-۱ مفهوم خطای حالت ماندگار.....	۲۲.....
۴-۱ نوع سیستم و خطای حالت ماندگار.....	۳۲.....
۵-۱ طراحی کنترلر PID.....	۳۷.....
۶-۱ طراحی جبران ساز ها.....	۴۴.....
۱-۶-۱ طراحی جبران ساز های پیش فاز و پس فاز پیوسته.....	۴۴.....
۲-۶-۱ طراحی جبران ساز های پیش فاز و پس فاز های دیجیتالی.....	۴۹.....
۷-۱ رسم مکان هندسی ریشه ها (Root Locus).....	۵۲.....
۱-۷-۱ مقدمه.....	۵۲.....
۲-۷-۱ تعریف مکان هندسی ریشه ها.....	۵۲.....
۳-۷-۱ رسم مکان هندسی ریشه ها از طریق تابع تبدیل.....	۵۳.....
۴-۷-۱ تحلیل پایداری.....	۵۸.....
۵-۷-۱ Notch Filter.....	۶۰.....
۶-۷-۱ حذف قطب و صفر.....	۶۳.....
۸-۱ تحلیل و طراحی سیستم های کنترل در فضای حالت.....	۶۷.....
۱-۸-۱ بررسی کنترل پذیری و رویت پذیری سیستم.....	۷۰.....
۲-۸-۱ طراحی کنترلر با استفاده از روش قطب گذاری.....	۷۱.....
۳-۸-۱ طراحی رویتگر.....	۷۵.....
۴-۸-۱ طراحی سیستم های کنترل بهینه خطی.....	۸۰.....
۵-۸-۱ تبدیل بین نمایش سیستم ها.....	۸۱.....
۹-۱ روش پاسخ فرکانسی.....	۸۶.....
۱-۹-۱ رسم دیاگرام بود.....	۸۸.....
۲-۹-۱ حد تقویت و حد فاز.....	۹۱.....
۳-۹-۱ پهنای باند فرکانسی.....	۹۵.....
۴-۹-۱ عملکرد سیستم حلقه بسته.....	۱۰۰.....
۱۰-۱ روش کنترل دیجیتالی.....	۱۰۷.....

۱-۱۰-۱	روش های طراحی سیستم های کنترل دیجیتال	۱۰۸
۲-۱۰-۱	معادل سازی نگهدارنده مرتبه صفر	۱۰۸
۳-۱۰-۱	بررسی پایداری و پاسخ حالت گذرا	۱۱۲
۴-۱۰-۱	بررسی مکان هندسی ریشه ها در حالت گسسته	۱۱۵
۵-۱۰-۱	بررسی پاسخ حالت گذرا	۱۱۷
۶-۱۰-۱	معادلات تفاضلی	۱۲۲
۷-۱۰-۱	بدست آوردن معادلات فضای حالت از معادلات اختلافی	۱۲۳
۸-۱۰-۱	نمایش در محیط Matlab	۱۲۳
۹-۱۰-۱	تاخیر انداختن با استفاده از نگهدارنده ها	۱۲۴
۱۰-۱۰-۱	پاسخ پله سیستم گسسته	۱۲۵
۱۱-۱۰-۱	جبران کننده PID با تقریب دوخطی	۱۲۸
۱۲-۱۰-۱	خطای حالت ماندگار دیجیتالی	۱۲۹

فصل دوم: سیستم تثبیت سرعت خودرو (Cruise)..... ۱۳۳

۱-۲	مدل سازی کروز	۱۳۵
۲-۲	طراحی کنترلر PID	۱۳۷
۳-۲	رسم مکان هندسی ریشه ها	۱۴۱
۴-۲	پاسخ فرکانسی	۱۴۵
۵-۲	طراحی فضای حالت	۱۵۲
۶-۲	طراحی کنترلر دیجیتالی	۱۵۵
۷-۲	طراحی کنترلر PI در محیط سیمولینک	۱۶۰

فصل سوم: کنترل سرعت موتور DC..... ۱۶۳

۱-۳	مدل سازی موتور DC	۱۶۵
۲-۳	طراحی کنترلر PID	۱۶۸
۳-۳	رسم مکان هندسی ریشه ها	۱۷۰
۴-۳	پاسخ فرکانسی	۱۷۶
۵-۳	طراحی فضای حالت	۱۸۰
۶-۳	طراحی کنترلر دیجیتالی	۱۸۲
۷-۳	طراحی جبران کننده پس فاز در محیط سیمولینک	۱۸۸

فصل چهارم : کنترل موقعیت موتور DC.....۱۹۱

۱۹۳	۱-۴ مدل سازی موتور
۱۹۶	۲-۴ طراحی کنترلر PID
۲۰۳	۳-۴ رسم مکان هندسی ریشه ها
۲۰۹	۴-۴ پاسخ فرکانسی
۲۱۸	۵-۴ طراحی فضای حالت
۲۲۴	۶-۴ طراحی کنترلر دیجیتال
۲۳۱	۷-۴ طراحی کنترلر دیجیتال در محیط سیمولینک

فصل پنجم : کنترل سیستم تعلیق خودرو.....۲۳۷

۲۳۹	۱-۵ مدل سازی خودرو
۲۴۴	۲-۵ طراحی کنترلر PID
۲۴۹	۳-۵ رسم مکان هندسی ریشه ها
۲۵۲	۴-۵ پاسخ فرکانسی
۲۵۸	۵-۵ طراحی فضای حالت
۲۶۱	۶-۵ طراحی کنترلر دیجیتال
۲۶۴	۷-۵ طراحی کنترلر با فیدبک تمامی متغیر های حالت در محیط سیمولینک

فصل ششم : سیستم کنترل و تعادل آونگ وارونه.....۲۶۹

۲۷۱	۱-۶ مدل سازی پاندول معکوس
۲۷۶	۲-۶ طراحی کنترلر PID
۲۸۳	۳-۶ رسم مکان هندسی ریشه ها (Root Locus)
۲۹۱	۴-۶ پاسخ فرکانسی
۳۰۰	۵-۶ طراحی فضای حالت
۳۰۶	۶-۶ طراحی کنترلر دیجیتال
۳۱۵	۷-۶ طراحی کنترلر با فیدبک کلیه متغیرهای حالت در محیط سیمولینک

فصل هفتم: سیستم کنترل موقعیت هواپیما در صفحه قائم.....۳۲۳

۳۲۴	۱-۷ مدل سازی هواپیما
۳۲۷	۲-۷ طراحی کنترلر PID
۳۳۱	۳-۷ رسم مکان هندسی ریشه ها
۳۳۴	۴-۷ پاسخ فرکانسی
۳۴۲	۵-۷ طراحی فضای حالت

۶-۷ طراحی کنترلر دیجیتالی	۳۴۶
۷-۷ طراحی کنترلر به روش فیدبک کلیه متغیرهای حالت در محیط سیمولینک	۳۵۰

فصل هشتم : کنترل موقعیت توپ روی میله..... ۳۵۵

۱-۸ مدل سازی	۳۵۷
۲-۸ طراحی کنترلر PID	۳۶۱
۳-۸ رسم مکان هندسی ریشه ها	۳۶۴
۴-۸ پاسخ فرکانسی	۳۶۸
۵-۸ طراحی فضای حالت	۳۷۵
۶-۸ طراحی کنترلر دیجیتالی	۳۷۸
۷-۸ طراحی جبران ساز پیش فاز در محیط سیمولینک	۳۸۲

فصل نهم : لیست دستورات جعبه ابزار سیستم های کنترلی در نرم افزار Matlab..... ۳۸۵

۱-۹ لیست دستورات	۳۸۷
------------------------	-----

مراجع ۴۰۵