

کتاب

سیستم‌های کنترل خطی

(به همراه ۱۰۰ سؤال تستی با پاسخنامه)

مؤلف:

مهندس حسین روستا آزاد



سرشناسه	: حسین روستاآزاد
عنوان و نام پدیدآور	: سیستم های کنترل خطی (به همراه ۱۰۰ سوال تستی با پاسخنامه) / مولف حسین روستاآزاد
مشخصات نشر	: تهران: انتشارات حکمت و عرفان، ۱۴۰۰-
مشخصات ظاهری	: ۲۸۵ - ۲۱۵۲۹.۷
شابک	: ۹۷۸-۶۲۲-۹۴۱۱۷-۱-۱
وضعیت فهرست نویسی	: فیبا
یادداشت	: واژه نامه
یادداشت	: کتابخانه: ص. ۲۷۵
موضوع	: سیستم های کنترل خطی - راهنمای آموزشی (عالی)
موضوع	: Linear control systems -- Study and teaching (Higher)
موضوع	: سیستم های کنترل خطی -- آزمون ها و تمرین ها (عالی)
موضوع	: Linear control systems -- Examinations, questions, etc. (Higher)
رده بندی کنگره	: ۲۲۰ ت
رده بندی دیویی	: ۶۲۹/۸۳۳-۷
شماره کتابشناسی ملی	: ۸۷۴۸۰۷۱



سیستم های کنترل خطی

نویسنده: مهندس حسین روستاآزاد

ناشر: حکمت و عرفان

صفحه آرا: دلارام پری پیکر

چاپ و صحافی: آرزوی دیدار

نوبت چاپ: اول زمستان ۱۴۰۰

شمارگان: ۵۰۰

قیمت: ۱.۳۵۰.۰۰۰ ریال

شابک: ۹۷۸-۶۲۲-۹۴۱۱۷-۱-۱

انتشارات حکمت و عرفان

تهران، خیابان شهید مصطفی خمینی، کوچه شهید افشار، شهاب ۱، پلاک ۷

تلفن: ۰۹۱۲۱۴۳۳۶۶۷ - ۳۳۵۵۸۰۶۸

کلیه حقوق برای ناشر و مولف محفوظ است.

فهرست مطالب
فصل اول: آشنایی با سیستم‌های کنترل

بیشگفتار.....	۵
۱-۱ مقدمه.....	۲
۲-۱ تعاریف اولیه سیستم‌های کنترل خطی.....	۳
۳-۱ انواع سیستم‌های کنترل.....	۴
۴-۱ انواع سیستم‌های کنترل از نظر استراتژی کنترل.....	۵
۵-۱ انواع فید بک.....	۶
۶-۱ اجزا اصلی یک سیستم کنترل.....	۶
۷-۱ معادلات دیفرانسیلی.....	۸
۸-۱ تبدیل لاپلاس.....	۹
۹-۱ قضایای تبدیل لاپلاس.....	۱۲
۱۰-۱ عکس تبدیل لاپلاس.....	۱۳
۱۱-۱ یادآوری - تجزیه کسر به کسرهای جزئی.....	۱۳

فصل دوم: مدلسازی ریاضی سیستم‌های فیزیکی

۱-۲ مقدمه.....	۱۸
۲-۲ روش‌های نمایش و مدل کردن سیستم‌های کنترلی.....	۱۸
۳-۲ مدل ریاضی سیستمها.....	۱۸
۴-۲ انواع متغیرها در سیستم‌های فیزیکی.....	۱۹
۵-۲ سه المان اصلی سیستم‌های فیزیکی.....	۱۹
۶-۲ خواص سیستم‌های خطی.....	۲۲
۷-۲ خطی کردن سیستم‌های کنترل حول نقطه کار.....	۲۳
۸-۲ نمایش سیستم بصورت TF.....	۲۵
۹-۲ چند تعریف در مورد تابع تبدیل.....	۲۷
۱۰-۲ دیاگرام بلوکی.....	۲۸
۱۱-۲ فرآیندهای الکترومکانیکی.....	۳۳
۱۲-۲ نمودار گذر سیگنال.....	۳۵
۱۳-۲ گرافها.....	۳۵
۱۴-۲ روش‌های تبدیل یک مدار به گراف.....	۳۶
۱۵-۲ خواص اصلی گرافها.....	۳۷
۱۶-۲ تعاریف.....	۳۸
۱۷-۲ فرمول بهره‌ی میسون (Mason's Signal-Flow Gain Formula).....	۳۹
۱۸-۲ قاعده میسون.....	۴۲
۱۹-۲ تعیین مسیرهای پیشرو.....	۴۳
۲۰-۲ مدل‌های متغیر حالت برای سیستم‌های فیزیکی.....	۴۴
۲۱-۲ نمایش سیستمها بصورت فضای حالت یا state-space.....	۴۴
۲۲-۲ نمونه‌ای از متغیرهای حالت.....	۴۵
۲۳-۲ نمودار حالت SD (State - Diagram).....	۴۸
۲۴-۲ پیاده سازی Realization.....	۵۰

فصل سوم: پاسخ زمانی سیستم‌های کنترل

۵۴	۱-۳- مقدمه.....
۵۵	۲-۳- تحلیل سیستم‌های کنترل در حوزه زمان.....
۵۵	۳-۳- سیگنالهای آزمون ورودی برای پاسخ زمانی سیستم‌های کنترل در حوزه زمان.....
۵۶	۴-۳- تحلیل پاسخ زمانی سیستم‌های کنترل براساس موقعیت قطب‌ها.....
۵۶	۵-۳- ثابت زمانی.....
۵۷	۶-۳- نمایش قطب‌ها در صفحهی مختلط.....
۵۷	۷-۳- پاسخ پله به یک سیستم مرتبه اول.....
۵۸	۸-۳- پاسخ سیستم‌های مرتبه دوم به ورودی پله.....
۶۰	۹-۳- تشریح حرکت قطب.....
۶۱	۱۰-۳- ویژگیهای پاسخ سیستم مرتبه دوم به ورودی پله واحد.....
۶۵	۱۱-۳- خطای حالت مانا در سیستم‌های کنترل خطی.....
۶۵	۱۲-۳- تعریف خطا براساس آرایش سیستم.....
۶۵	۱۳-۳- نوع سیستم‌های کنترل خطی.....
۶۵	۱۴-۳- خطای حالت مانا به ورودی پله.....
۶۵	۱۵-۳- خطای حالت مانا به ورودی شیب.....
۶۵	۱۶-۳- خطای حالت مانا به ورودی سهوی واحد.....
۶۶	۱۷-۳- خلاصه مطالب مربوط به خطا.....
۶۷	۱۸-۳- محک پایداری رات- هرویتز.....
۶۷	۱۹-۳- مراحل این محک.....
۶۹	۲۰-۳- حالت‌های خاص در محک رات هرویتز.....

فصل چهارم: مکان هندسی ریشه‌ها

۷۲	۱-۴- مقدمه.....
۷۲	۲-۴- مکان هندسی ریشه‌ها.....
۷۶	۳-۴- مراحل رسم مکان هندسی ریشه‌ها.....
۷۷	۴-۴- معیار پایداری رات-هرویتز.....

فصل پنجم: تحلیل سیستم‌های کنترل در حوزه فرکانس

۸۶	۱-۵- مقدمه.....
۸۶	۲-۵- تحلیل سیستم‌های کنترل در حوزه ی فرکانس.....
۸۸	۳-۵- مزایای روش پاسخ فرکانسی.....
۸۹	۴-۵- روابط کلی توابع تبدیل فرکانسی.....
۹۰	۵-۵- برخی از تعاریف پایه لگاریتمی.....
۹۱	۶-۵- مقایسه ی بین مزایای حوزه ی زمان و فرکانس.....
۹۱	۷-۵- دیاگرام بود Bode Diagrams.....
۹۲	۸-۵- مزیت اصلی دیاگرام بود.....
۹۳	۹-۵- بررسی ناپایداری از روی دیاگرام بود.....
۹۳	۱۰-۵- حاشیه فاز و حاشیه بهره (Gain and Phase Margins).....
۹۵	۱۱-۵- سیستم با فیدبک مثبت یعنی ناپایدار.....
۹۶	۱۲-۵- نمودار قطبی.....
۹۶	۱۳-۵- قضیه نگاشت.....
۹۶	۱۴-۵- نمودار نایکوئیست (Nyquist).....

۹۸.....	۱۵-۵- قواعد رسم نمودار نایکوئیست.
۱۰۱.....	۱۶-۵- ملاک نایکوئیست (The Nyquist Criterion).
۱۰۴.....	۱۷-۵- پایداری نسبی و ملاک نایکوئیست.
فصل ششم: جبران‌سازها و کنترل کننده‌ها	
۱۰۸.....	۱-۶- مقدمه.
۱۰۸.....	۲-۶- جبران‌سازها.
۱۰۹.....	۳-۶- مراحل طراحی جبران‌سازها.
۱۰۹.....	۴-۶- انواع جبران‌سازها.
۱۱۰.....	۵-۶- جبران‌ساز پیش فاز- پس فاز (Phase Lag- Lead).
۱۱۳.....	۶-۶- گام های طراحی کنترل کننده پیش فاز.
۱۱۵.....	۷-۶- طراحی جبران ساز پس فاز با استفاده از مکان ریشه.
۱۱۵.....	۸-۶- گام های طراحی کنترل کننده پس فاز.
۱۱۷.....	۹-۶- طراحی جبران ساز با استفاده از روش پاسخ فرکانسی.
۱۱۷.....	۱۰-۶- طراحی جبران ساز پیش فاز با استفاده از روش پاسخ فرکانسی.
۱۲۱.....	۱۱-۶- کنترل کننده.
۱۳۰.....	۱۲-۶- قواعد زیگلر - نیکولز.
۱۳۱.....	۱۳-۶- روش زیگلر - نیکولز برای تنظیم کنترل کننده‌های PID.
۱۳۵.....	۱۴-۶- تحلیل پایداری.
۱۳۶.....	۱۵-۶- تحلیل پایداری با استفاده از روش روت - هرویتز.
فصل هفتم کاربرد متلب در سیستم‌های کنترل	
۱۴۲.....	۱-۷- مقدمه.
۱۴۲.....	۲-۷- یافتن صفرها و قطب‌های $B(S)/A(S)$ با MATLAB.
۱۴۳.....	۳-۷- یافتن تابع تبدیل با دستور tf.
۱۴۳.....	۴-۷- بسط به کسرهای جزئی با MATLAB.
۱۴۴.....	۵-۷- یافتن پاسخ به ورودی دلخواه.
۱۴۵.....	۶-۷- پاسخ ضربه.
۱۴۶.....	۷-۷- رسم نمودارهای پاسخ پله با MATLAB.
۱۴۷.....	۸-۷- یافتن تابع تبدیل متوالی، موازی و فیدبکدار (حلقه بسته) با MATLAB.
۱۴۹.....	۹-۷- رسم فضای حالت با MATLAB.
۱۴۹.....	۱۰-۷- رسم مکان هندسی ریشه‌ها با MATLAB.
۱۵۰.....	۱۱-۷- رسم نمودارهای بوده با MATLAB.
۱۵۱.....	۱۲-۷- رسم نمودار نایکوئیست با دستور nyquist در MATLAB.
۱۵۲.....	۱۳-۷- سیمولینک (SIMULINK) در متلب.
۱۵۷.....	۱۴-۷- پروژه اول.
۱۵۷.....	۱۵-۷- کنترل سرعت موتور DC.
۱۶۱.....	۱۶-۷- طراحی کنترلر PID.
۱۶۳.....	۱۷-۷- رسم مکان هندسی ریشه‌ها (Root Locus).
۱۶۷.....	۱۸-۷- پاسخ فرکانسی.
۱۷۱.....	۱۹-۷- طراحی فضایی حالت.
۱۷۳.....	۲۰-۷- طراحی کنترلر دیجیتال.
۱۸۰.....	۲۲-۷- پروژه دوم.

۱۸۰	۲۳-۷- سیستم کنترل موقعیت هواپیما در صفحه قائم
۱۸۳	۲۴-۷- طراحی کنترلر PID
۱۸۶	۲۵-۷- رسم مکان هندسی ریشه‌ها (Root Locus)
۱۸۹	۲۶-۷- پاسخ فرکانسی
۱۹۵	۲۷-۷- طراحی فضای حالت
۱۹۸	۲۸-۷- طراحی کنترلر دیجیتالی
۲۰۲	۲۹-۷- طراحی کنترلر به روش فیدبک کلیه متغیرهای حالت در محیط سیمولینک
۲۰۶	۳۰-۷- پروژه سوم
۲۰۶	۳۱-۷- سیستم کنترل و تعادل پاندول وارونه
۲۰۸	۳۲-۷- تابع تبدیل سیستم
۲۰۹	۳۳-۷- قیدهای حاکم بر طراحی
۲۰۹	۳۴-۷- پاسخ سیستم حلقه باز
۲۱۱	۳۵-۷- طراحی کنترلر PID
۲۱۶	۳۶-۷- رسم مکان هندسی ریشه‌ها (Root Locus)
۲۲۳	۳۷-۷- پاسخ فرکانسی
۲۳۱	۳۸-۷- طراحی فضای حالت
۲۳۶	۳۹-۷- طراحی کنترلر دیجیتالی
۲۴۴	۴۰-۷- طراحی کنترلر با فیدبک تمامی متغیرهای حالت در محیط سیمولینک
۲۴۹	سوالات تستی به همراه پاسخنامه
۲۷۰	واژه نامه
۲۷۵	منابع

در این کتاب اصول تحلیل و طراحی سیستم‌های کنترل به رشته تحریر درآورده شده است. مخاطبان اصلی کتاب، دانشجویان تمامی رشته‌های مهندسی هستند که برای اولین بار با مفاهیم مهندسی کنترل آشنا خواهند شد. خوشبختانه در طی چند سال اخیر، کتاب‌های بسیاری در همین زمینه به فارسی ترجمه و تعدادی تالیف شده‌اند.

مطالب کتاب در طی هفت فصل مستقل ارائه گردیده‌اند. در آغاز هر فصل نیز اهداف آن جهت اطلاع اجمالی آورده شده است. خواننده در فصل اول با مفاهیم و تعاریف اولیه سیستم‌های کنترل آشنا می‌گردد. فصل دوم به مدلسازی و نمایش سیستم‌های کنترل می‌پردازد و فصل‌های سوم تا پنجم به تحلیل سیستم‌های کنترل از جنبه‌های گوناگون می‌پردازند. در فصل سوم تحلیل عملکرد گذرا و ماندگار سیستم‌های کنترل مورد بحث قرار گرفته است.

مفاهیم بسیار مهم قطب، صفر، خطا، اغتشاش، حساسیت و پایداری در این فصل ارائه شده‌اند. مکان ریشه به عنوان ابزاری قدرتمند در تحلیل و طراحی سیستم‌های کنترل، در فصل چهارم مورد بررسی قرار گرفته است. تحلیل پاسخ فرکانسی، روشی دیگر جهت تحلیل سیستم‌های کنترل است که با توجه به کاربردهای وسیع آن در تحلیل و طراحی سیستم‌های عملی، بسیار مورد توجه مهندسان کنترل قرار گرفته است. در فصل پنجم سه ابزار مهم دیاگرام‌های بود و نایکوئیست و چارت نیکولز به تفصیل آورده شده است. سیستم‌های تأخیر دار، شناسایی سیستم‌های نامعلوم به روش پاسخ فرکانس، معیار پایداری نایکوئیست، مفاهیم حاشیه بهره و فاز، مشخصه‌های عملکرد براساس پاسخ فرکانسی نیست از مطالب ارائه شده در فصل پنجم هستند.

فصل‌های ششم و هفتم به طراحی سیستم‌های کنترل پرداخته‌اند. فصل ششم، پس از معرفی جبرانسازهای پس فاز و پیش فاز و پس - پیش فاز به ارائه روش‌های طراحی این جبرانسازها پرداخته است. در روش‌های ارائه شده، از مکان ریشه، دیاگرام‌های بود و چارت نیکولز استفاده خواهد شد. در هر بخش، مثال‌هایی جهت روشن‌تر شدن مراحل طراحی گنجانده شده است که به همراه نتایج شبیه‌سازی سیستم‌های حلقه باز و حلقه بسته مشخصه‌های بدست آمده را روشن‌تر خواهند نمود. و همچنین در فصل هفتم به کاربرد متلب در سیستم‌های کنترل خطی و چند مثال کاربردی و برنامه نویسی نیز آورده شده است.

حسین روستا آزاد

زمستان ۱۴۰۰