

سیستم‌های کنترل

آناند کومار

دکتر محمد اسد اعیل کلاتری
(عضو هیات علمی دانشگاه)



سرشناسه	: کومار، آناند - Anand kumar
عنوان و نام پدید آور	: سیستمهای کنترل / آناند کومار؛ مترجم محمداسماعیل کلانتری.
مشخصات نشر	: تهران: دانش بنیاد، ۱۳۹۶.
مشخصات ظاهری	: ۷۱۶ ص.: مصور، جدول، نمودار.
شابک	: ۴۲۰۰۰ ریال : ۵-۹۶۷۶۶-۶۰۰-۹۷۸
وضعیت فهرست نویسی	: فیبا
موضوع	: مهندسی کنترل
موضوع	: Automatic control
موضوع	: سیستمهای کنترل خطی
موضوع	: Linear control systems
شناسه افزوده	: کلانتری، محمداسماعیل، ۱۳۲۶-، مترجم
رده بندی کنگره	: ۱۳۹۶ س۹ ک۹ / TJ۲۱۳
رده بندی دبی	: ۶۲۹/۸
شماره کتابخانه ملی	: ۴۷۲۷۰۴۹



سیستمهای کنترل

ترجمه	: دکتر محمداسماعیل کلانتری.
مدیر تولید	: رضا کرمی شاه
حروفچینی و صفحه آرایی	: واحد تولید انتشارات فدک ایسایس
نوبت چاپ	: اول - ۱۳۹۶
تیراژ	: ۵۰۰
قیمت	: ۴۲۰۰۰ ریال (شومیز) - ۴۸۰۰۰ ریال (کتابینگور)
شابک	: ۵-۹۶۷۶۶-۶۰۰-۹۷۸

دفتر انتشارات : تهران - خیابان انقلاب - خیابان اردیبهشت - بین لایف نژاد و جمهوری - ساختمان ۱۰
 تلفن: ۶۶۴۸۱۰۹۶ - ۶۶۴۸۲۲۲۱
 فروشگاه یزد: میدان آزادی (باغ ملی) - ابتدای خیابان فرخی - جنب مجتمع ستاره
 تلفن: ۳۶۲۲۶۷۴۵ - ۳۶۲۲۶۷۷۱ - ۳۶۲۲۶۷۷۲ - ۳۵

ایمیل و وبسایت: www.fadakbook.ir - fadakbook@yahoo.com

کلیه حقوق و حق چاپ متن و عنوان کتاب که به ثبت رسیده است؛ مطابق با قانون حقوق مولفان و مصنفان مصوب ۱۳۴۸ محفوظ و متعلق به انتشارات دانش بنیاد می باشد. هرگونه برداشت، تکثیر، کپی برداری به هر شکل (چاپ، فتوکپی، انتشار الکترونیکی) بدون اجازه کتبی از انتشارات دانش بنیاد ممنوع بوده و متخلفین تحت پیگرد قانونی قرار خواهند گرفت.

معاونت حقوقی
 انتشارات دانش بنیاد

پیش‌گفتار

کتاب حاضر که نتیجه سی و دو سال تدریس آقای آناند کومار است، مبانی درس سیستم‌های کنترل را به‌صورتی ساده و روان مطرح کرده است. دلیل عمده انتخاب آن برای ترجمه علاوه بر خصوصیات فوق وجود تعداد زیادی مثال پس از بخش‌های مختلف هر فصل است، که به درک بهتر مطلب توسط دانشجو کمک قابل توجهی نموده و آن‌را به صورت یک خودآموز در می‌آورد. وجوه مجموعه‌ای از سؤالات در قالب‌های مختلف و تعدادی مسائل حل نشده در پایان هر فصل دانشجو در ارزیابی خود از میزان فراگیری مطلب کمک می‌نماید. پاسخ این سؤال‌ها و مسائل نیز به دنبال آن‌ها ارائه شده است.

کتاب را می‌توان به‌عنوان مرجع برای درس سیستم‌های کنترل خطی در طول یک ترم برای دانشجویان گرایش‌های مختلف مهندسی برق در مقطع کارشناس استفاده نمود. مطالب کتاب در قالب دو فصل تنظیم شده است، که رئوس کلی مطالب آن‌ها بشرح زیر است؛

- در فصل اول لزوم استفاده از سیستم‌های کنترل، دسته‌بندی آن‌ها و سرومکانیزم‌های رایج مطرح شده است.
- در فصل دوم انواع سیستم‌های مکانیکی و تناظر آن‌ها با سیستم‌های الکتریکی بحث شده است.
- روش‌های مختلف نمایش سیستم‌های کنترل نظیر نمودار بلوکی و گراف جریان سیگنال و محاسبه تابع انتقال از روی آن‌ها موضوع بحث فصل سوم است.
- تجزیه و تحلیل سیستم‌های کنترل در حوزه زمان و مشخصات پاسخ گذرا و پاسخ حالت پایدار در فصل چهارم مورد بحث قرار گرفته است.
- پایداری مهمترین نیاز پایه یک سیستم کنترل است. روش‌های ساده‌ترین روش امتحان پایداری، مشکلات روش و راه‌های غلبه بر آن‌ها موضوع بحث فصل پنجم است.
- در فصل ششم مکان هندسی ریشه‌ها به‌عنوان یک روش توانمند حوزه زمان برای تجزیه و تحلیل و طراحی سیستم‌های کنترل مورد بررسی قرار گرفته است.
- از آنجا که تجزیه و تحلیل و طراحی سیستم‌های کنترل در حوزه فرکانس ساده‌تر از حوزه زمان است، رابطه بین پاسخ‌های زمانی و فرکانس یک سیستم مرتبه دوم، نمودارهای قطبی و نمودارهای بود در فصل هفتم مورد بحث قرار گرفته‌اند.

- فصل هشتم به بررسی نمودارهای نایکوئیست به عنوان ابزاری مهم برای طراحی و تعیین پایداری مطلق و نسبی سیستم‌های کنترل پرداخته است.
- جبران‌سازی سیستم‌های کنترل در حوزه زمان و فرکانس هر دو امکان‌پذیر است، ولی انجام این کار در حوزه فرکانس به مراتب ساده‌تر است. استفاده از نمودارهای بود برای این منظور موضوع بحث فصل نهم است.
- فصل دهم به بررسی رویکرد فضای حالت به عنوان یک روش مورد نیاز مستقیم فضای زمان برای طراحی سیستم‌های کنترل پرداخته و مفاهیم کنترل پذیری و رویت‌پذیری سیستم‌های کنترل مورد بحث قرار گرفته‌اند.
- با ارزو اینک که این حاضر برای مخاطبین محترم مفید واقع شود از کاستی‌های احتمالی در کار ترجمه پوزش می‌نماید. در هر گونه نقد و پیشنهاد سازنده استقبال و پیشاپیش تشکر می‌نمایم.

محمد اسماعیل کلانتری

تهران - بهمن ماه ۱۳۹۵

فهرست مطالب

مقدمه‌ای بر سیستم‌های کنترل ۱

۱.۱	مقدمه ۲
۲.۱	سته‌بندی سیستم‌های کنترل ۳
۳.۱	سیستم‌های کنترل: اثرات آن چگونه است ۱۰
۴.۱	سرو مکانیزم ۱۳

مدل‌های ریاضی سیستم‌های فیزیکی ۲۳

۱.۲	مدل کردن عناصر سیستم مکانیکی ۲۴
۲.۲	سیستم‌های الکتریکی ۲۷
۳.۲	سیستم‌های متناظر ۳۰
۴.۲	تابع انتقال: سیستم‌های تک - ورودی - تک - خروجی ۳۲
۵.۲	تابع انتقال (سیستم‌های چند متغیره) ۳۴
۶.۲	دستور العمل محاسبه تابع انتقال ۳۶
۷.۲	سرو موتورها ۶۷
۸.۲	سینکروها ۸۱
۹.۲	قطارهای دنده ۸۵

نمودار بلوکی و گراف‌های جریان سیگنال ۱۰۳

۱.۳	نمودارهای بلوکی ۱۰۴
۲.۳	گراف‌های جریان سیگنال ۱۱۴
۳.۳	خصوصیات پایه گراف جریان سیگنال ۱۲۰

تجزیه و تحلیل پاسخ زمانی ۱۷۹

۱.۴	پاسخ زمانی سیستم‌های کنترل ۱۸۰
۲.۴	سیگنال‌های آزمایش استاندارد ۱۸۱

پاسخ زمانی سیستم‌های مرتبه اول	۱۸۴	۳.۴
سیستم‌های مرتبه دوم	۱۸۹	۴.۴
خطاهای حالت پایدار و ثابت‌های خطا	۱۹۸	۵.۴
انواع سیستم‌های کنترل	۲۰۰	۶.۴
اثر افزودن قطب و صفر به تابع انتقال	۲۰۴	۷.۴
قطب‌های غالب تابع انتقال	۲۰۵	۸.۴
پاسخ با کنترل کننده‌های P, PI, PS و PID	۲۴۰	۹.۴

۲۷۹ معیار پایداری مسیر

مقدمه	۲۸۰	۱.۵
پایداری ورودی - کراندار، خروجی - کراندار ($BIBO$)	۲۸۱	۲.۵
شرایط لازم برای پایداری	۲۸۵	۳.۵
معیار پایداری روث	۲۸۹	۴.۵
معیار پایداری نیلرندلی جدول روث	۲۹۳۲۹۱	۵.۵
کاربرد معیار پایداری روث در سیستم‌های پس‌خور خطی	۳۰۵	۶.۵
تجزیه و تحلیل پایداری نسبی	۳۲۳	۷.۵

۳۴۱ تکنیک مکان هندسی ریشه

مقدمه	۳۴۲	۱.۶
مفاهیم مکان هندسی ریشه‌ها	۳۴۳	۲.۶
رسم مکان هندسی ریشه‌ها	۳۴۷	۳.۶
قواعد رسم مکان هندسی ریشه‌ها	۳۴۸	۴.۶
اثر افزودن قطب و صفر به $G(s)H(s)$	۳۵۹	۵.۶

۴۱۵ تجزیه و تحلیل پاسخ فکانسی

مقدمه	۴۱۶	۱.۷
همبستگی بین پاسخ زمانی و فرکانسی	۴۱۷	۲.۷
نمودارهای قطبی	۴۲۸	۳.۷
نمودارهای بود	۴۴۰	۴.۷
سیستم‌های تمام‌گذر و حداقل فاز	۴۵۷	۵.۷
محاسبه حاشیه بهره و حاشیه فاز	۴۶۰	۶.۷
تعیین تجربی تابع انتقال	۴۶۳	۷.۷
نمودارهای لگاریتم دامنه بر حسب فاز	۴۶۴	۸.۷
پاسخ فرکانسی حلقه بسته	۴۶۵	۹.۷

نمودار نایکویست ۴۹۵

مقدمه ۴۹۶	۱.۸
اصل منطق ۴۹۶	۲.۸
معیار پایداری نایکویست ۵۰۱	۳.۸
اعمال معیار پایداری نایکویست به نمودارهای قطبی معکوس ۵۲۰	۴.۸
اثرات افزودن صفر و قطب به $G(s)H(s)$ بر شکل نمودار نایکویست ۵۲۳	۵.۸
ارزیابی پایداری نسبی با استفاده از معیار نایکویست ۵۲۳	۶.۸
دوایر M و N ثابت ۵۳۶	۷.۸
نقشه نیکولاس ۵۴۰	۸.۸

جبران سازی ۵۵۱

مقدمه ۵۵۲	۱.۹
انواع جبران ساز ۵۵۲	۲.۹
پایده سازی - جبران سازی پایه ۵۵۴	۳.۹
جبران سازی موالد در جبر فرکانس ۵۶۱	۴.۹
کنترل کننده تناسبی-تکاملی و مشتقی (PID) ۵۷۶	۵.۹

تجزیه و تحلیل فضای حالت ۵۸۷

نظریه کنترل مدرن ۵۸۸	۱.۱۰
ایده‌های حالت، متغیرهای حالت و مدل حالت ۵۹۰	۲.۱۰
نمایش فضای حالت ۵۹۴	۳.۱۰
تجزیه توابع انتقال ۶۱۹	۴.۱۰
قطری سازی ۶۳۳	۵.۱۰
حل معادلات حالت: ماتریس گذر حالت و معادله گذر حالت ۶۴۳	۶.۱۰
محاسبه ماتریس گذر حالت ۶۴۵	۷.۱۰
تعیین تابع انتقال از روی مدل حالت ۶۶۳	۸.۱۰
پایداری ۶۶۵	۹.۱۰
کنترل پذیری سیستم‌های خطی ۶۶۷	۱۰.۱۰
رویت پذیری سیستم‌های خطی ۶۷۴	۱۱.۱۰