

شرح جامع

سیستم های کنترل خطی

«مهندسی برق»

مؤلف: امیر حسین محمد زاده نیاکی



پیشگفتار مؤلف

درس سیستم‌های کنترل خطی از جمله دروس پایه‌ای و اساسی برای دانشجویان رشته‌های مهندسی برق (خصوصاً گرایش کنترل)، مهندسی مکانیک و مهندسی هسته‌ای می‌باشد. بنابراین تسلط بر مطالب این درس، یادگیری نکات آن و نحوه پاسخگویی به سؤالات و تست‌های آن بسیار حائز اهمیت می‌باشد.

تاکنون کتابهای زیادی در مورد سیستم‌های کنترل توسط اساتید این رشته (مانند اوگاتا، درف، بیشاپ و غیره) تألیف شده است که به عنوان مرجع اصلی این درس در دانشگاه‌های مختلف در نظر گرفته می‌شوند (لیست مراجع اصلی در انتهای این کتاب آورده شده است). بسیاری از این کتابها تمامی سرفصل‌های مباحث مربوطه را در بر دارند. اما بیشتر این کتابها به صورت متن درسی تهیه شده‌اند و در برخی موارد دارای مباحث جنبی بسیاری می‌باشند که در نتیجه بخش زیادی از این کتابها در دانشگاه‌ها تدریس نشده و مورد ارزیابی قرار نمی‌گیرند.

در کتاب حاضر سعی مؤلف بر این بوده که از هر یک از مراجع معرفی شده، قسمتهایی را که به خوبی مورد بررسی قرار داده ذکر نماید و نکاتی را که در مراجع به صورت صریح و مشخص ذکر نشده و نیز نکاتی را که خود مؤلف به تجربه به دست آورده است به آنها اضافه نماید. پس از بیان مباحث اصلی و ذکر نکات مربوط به هر بخش، به منظور تسلط دانشجو بر مطالب و فراگیری نکات مورد نظر، تعدادی تست و مسأله ارائه شده و روش حل آنها بیان می‌گردد. همچنین در انتهای هر فصل، مسائل و تست‌های زیادی در ارتباط با مطالب آن فصل به همراه پاسخ آنها وجود دارد. پاسخ‌های ارائه شده به گونه‌ای است که در عین ساده و کوتاه بودن، دارای توضیحات کافی بوده و موجب سردرگمی دانشجو نخواهد شد.

این کتاب علاوه بر اینکه به منظور آمادگی دانشجویان برای آزمون کارشناسی ارشد کاملاً مفید و راهگشا می‌باشد، می‌تواند به عنوان یک منبع کمک درسی و به منظور تسلط دانشجویان بر مطالب درس سیستم‌های کنترل خطی نیز مورد استفاده قرار گیرد. بدون شک نظرات شما عزیزان در جهت رفع نواقص و بهبود کیفیت این کتاب مؤثر و کارساز خواهد بود.

در انتها بر خود لازم می‌دانم از کمک‌های بی‌شائبه خانم الهه اسدی در ویرایش کتاب و همکاری مسئولین محترم «انتشارات ارشد» در چاپ و تدوین این مجموعه تشکر و قدردانی نمایم.

با سپاس

امیرحسین محمدزاده نیاکی

a.mohammadzadeh@ece.ut.ac.ir

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۳	پیشگفتار ناشر
۴	پیشگفتار مؤلف
فصل اول: تبدیل لاپلاس	
۱۱	۱- مقدمه
۱۱	۲- تعریف تبدیل لاپلاس
۱۳	۳- ویژگی ها و قضایای تبدیل لاپلاس
۱۳	۴- عکس تبدیل لاپلاس
۱۵	۵- دو قضیه بسیار کاربردی
فصل دوم: سیستمهای کنترل	
۲۱	۱- سیستم کنترل حلقه باز
۲۱	۲- سیستم کنترل حلقه بسته
۲۳	۳- دیاگرام بلوکی
۲۴	۴- ساده کردن دیاگرام بلوکی
فصل سوم: قاعده میسون (Signal Flow Graph :SFG)	
۳۳	۱- گراف گذر سیگنال
۳۴	۲- قاعده میسون
فصل چهارم: مدل سازی سیستمهای فیزیکی	
۴۹	۱- سیستم های الکتریکی
۴۹	۲- تابع تبدیل پتانسیومتر
۵۱	۳- سیستم های مکانیکی انتقالی
۵۴	۴- سیستم های مکانیکی دورانی
۵۶	۵- سیستم های سیالی (سیستم های سطح مایع)
۵۸	۶- سیستم های حرارتی
فصل پنجم : صفرها و قطب های تابع تبدیل سیستم	
۶۷	۱- مقدمه
۶۷	۲- مرتبه یک قطب

فصل ششم: حساسیت

- ۱- مقدمه ۷۷
- ۲- تعریف حساسیت ۷۷

فصل هفتم: معیار پایداری روث

- ۱- مقدمه ۸۷
- ۲- معیار پایداری روث ۸۷

فصل هشتم: خطای حالت ماندگار

- ۱- نوع سیستم ۱۰۹
- ۲- ثابت خطای موقعیت (وضعیت) ۱۱۰
- ۳- ثابت خطای سرعت ۱۱۰
- ۴- ثابت خطای شتاب ۱۱۱

فصل نهم: تحلیل پاسخ گذرا

- ۱- سیستم های مرتبه اول ۱۲۹
- ۲- پاسخ پله سیستم مرتبه اول ۱۲۹
- ۳- پاسخ شیب سیستم مرتبه اول ۱۳۰
- ۴- پاسخ ضربه سیستم مرتبه اول ۱۳۰
- ۵- سیستم های مرتبه دوم ۱۳۰
- ۶- پاسخ پله سیستم های مرتبه دوم ۱۳۱
- ۷- مشخصات پاسخ گذرا ۱۳۲
- ۸- مکان های ثابت ۱۳۴
- ۹- پاسخ ضربه سیستم مرتبه دوم ۱۳۵

فصل دهم: مکان هندسی ریشه‌ها

- ۱- مقدمه ۱۵۱
- ۲- شرط زاویه و فاز ۱۵۱
- ۳- قواعد کلی رسم مکان هندسی ریشه‌ها ۱۵۲
- ۴- حساسیت محل ریشه‌ها بر حسب k ۱۵۴

فصل یازدهم: منحنی‌های بودی

- ۱- مقدمه ۱۷۷
- ۲- عوامل پایه‌ای ۱۷۷
- ۳- فرکانس تشدید (ωT) و قله تشدید (M_r) ۱۸۲
- ۴- روش عمومی رسم منحنی‌های بودی ۱۸۳
- ۵- سیستم‌های مینیمم فاز و غیر مینیمم فاز ۱۸۵

فصل دوازدهم: معیار پایداری نایکویست

- ۱- پاسخ فرکانسی ۱۹۹

۱۹۹	۲- نمودارهای قطبی
۲۰۰	۳- عوامل انتگرال گیر و مشتق گیر
۲۰۰	۴- عوامل مرتبه اول
۲۰۱	۵- عوامل مرتبه دوم
۲۰۴	۶- معیار پایداری نایکوئیست
۲۰۶	۷- قضیه نگاشت
۲۰۶	۸- معیار نایکوئیست
۲۰۷	۹- تعیین پایداری سیستم‌های چندحلقه‌ای با استفاده از معیار نایکوئیست

فصل سیزدهم: حد فاز و حد بهره

۲۱۳	۱- مقدمه
۲۲۹	۲- فرکانس قطع فاز
۲۲۹	۳- حد فاز (Phase Margin)
۲۲۹	۴- حد بهره (Gain Margin)
۲۳۰	۵- پایداری سیستم‌های کنترل دارای تأخیر
۲۳۲	۶- پاسخ فرکانسی حلقه بسته
۲۳۳	۷- مکان هندسی اندازه ثابت (دایره‌های M)
۲۳۴	۸- مکان هندسی فاز ثابت (دایره‌های N)

فصل چهاردهم: فضای حالت

۲۵۱	۱- مقدمه
۲۵۱	۲- تعاریف
۲۵۱	۳- نمایش فضای حالت سیستم‌ها
۲۵۴	۴- دیاگرام حالت
۲۵۶	۵- تعیین معادلات حالت از روی تابع تبدیل سیستم
۲۶۰	۶- تعیین تابع تبدیل از روی معادلات حالت
۲۶۰	۷- حل معادلات حالت
۲۶۱	۸- ماتریس انتقال حالت (STM)
۲۶۲	۹- ماتریسی انتقال حالت (STM)
۲۶۳	۱۰- طراحی با روش جایدهی قطب‌ها (Pole Placement)

فصل پانزدهم: کنترل کننده‌ها

۲۷۷	۱- مقدمه
۲۷۷	۲- کنترل کننده تناسبی مشتقی (PD)
۲۷۸	۳- کنترل کننده تناسبی انتگرالی (PI)
۲۷۹	۴- کنترل کننده PID
۲۷۹	۵- کنترل کننده پیش فاز (Lead)
۲۸۰	۶- کنترل کننده پس فاز (Lag)