



د ۸۰ ۴۰ ۴۱۳

پېنډی کنترول

ویراست پنجم

نویسنده

کاتو، سیکو او کاتا

مترجم

محمود دانی

ناشر کتب مهندسي، کامپيوتر، دانشگاهي، مدیریت

نص

سرشناسه	: اوگاتا، کاتسوهیکو
عنوان و نام پدیدآور	: مهندسی کنترل (ویراست پنجم) / کاتسوهیکو اوگاتا.
مشخصات نشر	: تهران: نص، ۱۳۹۴
مشخصات ظاهری	: ۹۴۴ ص.
شابک	: ۳۵۰۰۰۰ ریال
وضعیت فهرست نویسی	: فیبا.
عنوان اصلی	: Modern control engineering, 5 th ed.
عنوان دیگر	: کنترل.
موضوع	: مهندسی کنترل
موضوع	: نظریه کنترل
شابسه اف	: دیانی، محمود، ۱۳۳۹، مترجم.
رده بنیان کنگره	: ۱۳۸۹ ک ۹ ۷ الف / ۲۱۳ TJ
رده بندی دربی	: ۶۲۹۸
شماره کتاب شناسی	: ۲۰۵ ۰۰۵



مؤسسه علمی و فرهنگی

مهندسی کنترل (ویراست پنجم)

کاتسوهیکو اوگاتا

محمود دیانی

چاپ هشتم: بهار ۹۴

شمارگان: ۱۵۰۰

ناشر: «نص»

طراحی، چاپ و صحافی: مؤسسه علمی فرهنگی «نص»

دفتر: تهران، میدان انقلاب، خ میری جاوید، بن بست مبین، شماره ۶

تلفن: ۶۶۴۱۲۳۸۵ - ۶۶۴۶۵۶۷۴ - ۶۶۹۵۳۸۸۳ فاکس: ۶۶۹۵۷۶۹۰

وب سایت: www.nass.ir

ایمیل: info@nasspub.com

قیمت: ۳۵۰۰۰ تومان

فروشگاه: ضلع جنوب شرقی میدان انقلاب، شماره ۱۵۰۰/۳

تلفن: ۶۶۴۰۵۲۷۲

شابک: ۹۷۸-۹۶۴-۴۱۰-۲۶۱-۵ ISBN: 978-964-410-261-5

مقدمه

این کتاب در مورد مفاهیم مهم تحلیل و طراحی سیستم‌های کنترل است. این کتاب برای کسی که آن را برای خواندن درس‌های سیستم‌های کنترل دانشگاه به کار می‌برد، روشن و قابل فهم است. این کتاب برای دانشجویان سالهای آخر رشته‌های مهندسی برق، مکانیک، هوا-فضا، و مهندسی شیمی نوشته شده است. انتظار می‌رود خواننده پیشنهادها و زیر را گذرانده باشد: یک درس مقدماتی در مورد معادلات دیفرانسیل، تبدیل لاپلاس، تحلیل برداری و ماتریسی، تحلیل مدار، مکانیک و ترمودینامیک مقدماتی.

تغییرات اصلی صورت گرفته در این ویراست به قرار زیر است:

- مبحث مربوط به کاربرد MATLAB برای یافتن پاسخ سیستم‌های کنترل به ورودی‌های مختلف مفصل‌تر شده است.
- فایدهٔ رهیافت محاسباتی بهینه‌سازی با استفاده از MATLAB نشان داده شده است.
- مثالهای جدیدی به کتاب افزوده شده است.
- مطالبی از ویراستهای قبلی که اهمیت مرتبه اول نداشتند حذف شده‌اند تا جای بیشتری برای مطالب مهمتر فراهم شود. نمودارهای عبور سیگنال به طور کامل حذف شده است. فصل مربوط به تبدیل لاپلاس حذف شده است و به جای آن جدولهای تبدیل لاپلاس، و روش بسط به کسرهایی تجزیه به کمک MATLAB به ترتیب در پیوستهای الف و ب گنجانده شده‌اند.
- پیوست ج خلاصه‌ای فشرده از مطالب مربوط به تحلیل برداری - ماتریسی را در بردارد. به این ترتیب خواننده با مطالب پیشنهاد این مبحث که در تحلیل و طراحی سیستم‌های کنترل ضروری است، آشنا می‌شود.

این ویراست کتاب **مهندسی کنترل** در ده فصل سازماندهی شده است. مطالب اصلی کتاب عبارت‌اند از: در فصل ۱ سیستم‌های کنترل معرفی شده‌اند. فصل ۲ به مدل‌سازی ریاضی سیستم‌های کنترل اختصاص دارد. در انتهای این فصل یک روش خطی‌سازی برای مدل‌های ریاضی غیرخطی معرفی شده است. در فصل ۳ مدل‌های ریاضی سیستم‌های مکانیکی و الکتریکی به دست آورده شده است. فصل ۴ به معرفی سیستم‌های سیالانی (مثل سیستم‌های سطح مایع، سیستم‌های نیوماتیکی، و سیستم‌های هیدرولیکی) و سیستم‌های گرمایی اختصاص دارد.

فصل ۵ در مورد پاسخ گذرا و تحلیل حالت ماندگار سیستم‌های کنترل است. در این فصل MATLAB برای یافتن منحنی‌های پاسخ گذرا فراوان به کار رفته است. معیار پایداری روث برای تحلیل پایداری سیستم‌های کنترل معرفی شده است. معیار پایداری هورویتز نیز معرفی شده است.

فصل ۶ به تحلیل و طراحی سیستم‌های کنترل با استفاده از رهیافت مکان هندسی ریشه‌ها اختصاص دارد. در این فصل در مورد مکان هندسی ریشه‌های سیستم‌های دارای فیدبک مثبت نیز صحبت شده و کاربرد MATLAB در رسم نمودار مکان هندسی ریشه‌ها به طور مفصل توضیح داده شده است. طراحی جبرانسازهای پیشفاز، پسفاز، و پیشفاز-پس فاز به روش مکان هندسی ریشه‌ها نیز در این فصل قرار دارد.

فصل ۷ به تحلیل و طراحی سیستم‌های کنترل با استفاده از رهیافت پاسخ فرکانسی اختصاص دارد. معیار پایداری نایکویست به شیوه‌ای ساده و قابل فهم معرفی شده است. رهیافت نمودار بودی، برای طراحی جبرانسازهای پیشفاز، پسفاز، و پیشفاز-سفا بیان شده است.

فصل ۸ در مورد کنترل‌کننده‌های PID در سه فصل ۸، ۹ و ۱۰ اصلاح شده است. رهیافت محاسباتی یافتن مقادیر پارامترهای کنترل‌کننده PID به تفصیل معرفی شده است. خصوصاً برای مواردی که باید معیارهایی مربوط به مشخصات پاسخ پله برآورده شود.

در فصل ۹ اصول پایه‌ای تحلیل سیستم کنترل در فضای حالت بیان شده است. مفاهیم کنترل‌پذیری و مشاهده‌پذیری به تفصیل مورد بررسی قرار گرفته است.

فصل ۱۰ به طراحی سیستم کنترل در فضای حالت اختصاص دارد. ایده قطب، مشاهده‌گر حالت، و کنترل بهینه مرتبه دو از مباحث این فصل است. در انتهای فصل ۱۰ سیستم‌های کنترل مقاوم به اختصار مورد بررسی قرار گرفته‌اند.

آرایش کتاب به نحوی است که کار دانشجو در درک تدریجی نظریه کنترل را ساده کند. در معرفی مطالب کوشیده شده از مباحث ریاضی پیچیده پرهیز شود. اثبات مطالب تنها در صورتی ارائه شده که برای درک موضوع مورد بحث ضروری باشد.

کوشش بسیاری شده است تا مسائل نمونه در نقاط کلیدی کتاب گنجانده شود، طوری که خواننده درک روشنی از مطالب معرفی شده کسب کند. همچنین تعدادی مسئله حل شده (مسائل الف) در انتهای هر فصل، بجز فصل ۱، آورده شده است. خواننده را ترغیب می‌کنیم که این مسائل حل شده را به دقت مطالعه کند؛ چنین کاری کمک می‌کند که درک عمیق‌تری از مباحث عنوان شده کسب شود. علاوه بر این مسائل، مسائل

دیگری (بدون حل) در انتهای فصلها (باز هم بجز فصل ۱) آورده شده است. این مسائل می‌تواند به عنوان تکلیف درسی، یا برای گرفتن کوییز مورد استفاده قرار گیرد.

اگر کتاب در یک درس نیمساله به کار گرفته شود (با حدود ۵۴ ساعت کلاس) می‌توان بخش عمده‌ای از مطالب را درس داد، البته حذف بعضی عناوین ضروری است. به خاطر کثرت مثال و مسئله حل شده، این کتاب می‌تواند به صورت خودآموز نیز مورد استفاده قرار گیرد، خصوصاً برای مهندسیین شاعلی که تمایل دارند در مورد اصول نظریه کنترل به مطالعه بپردازند.

در اینجا باید از این افراد که خوانندگان اولیه این ویراست بوده‌اند تشکر کنم: مارک کمپبل از دانشگاه کورنل؛ هنری سودانو از دانشگاه ایالتی آریزونا؛ و آتل کلکر از دانشگاه ایالتی آیوا. همچنین از کار دوشیزه آلیس دورکین، و استار، آقای اسکات دیسانو، سرویواستار، و تمام کسانی که در نشر این کتاب شریک بوده‌اند، صمیمانه تشکر کنم.

کاتسوهیکو اوگاتا

www.ketab.ir

در مورد نمادها

در این کتاب مطابق معمول بر روی حروف سیاه نشان داده شده‌اند، برای مثال x بردار حالت و A ماتریس حالت است را نشان می‌دهند. متغیر مختلط تبدیل لاپلاس با حرف ایتالیک غیر سیاه نشان داده شده است. برای نشان دادن مشتق از نقطه پریم، نماد مشتق گیری استفاده شده است. برای مثال x' مشتق اول متغیر x ، \ddot{x} مشتق دوم متغیر x ، $\frac{dx}{dt}$ مشتق اول بردار x را نشان می‌دهد. برای مشتق‌های مرتبه بالا، به جای گذاشتن تعداد زیادی نقطه، مرتبه k داخل پرانتز در بالای نماد متغیر قرار می‌گیرد، مثلاً $x^{(k)}$ مشتق مرتبه k متغیر x است.

برای نشان دادن زاویه یک کمیت مختلط از نمادهای \angle ، \arg استفاده شده است. مخصوصاً نماد \angle در این کتاب زیاد به کار رفته است، برای نمونه $\angle H(s) = \angle |H(s)|$ نشان قطبی تبدیل لاپلاس را نشان می‌دهد، و $\angle -45^\circ$ مقدار عددی یک کمیت مختلط با اندازه $2\sqrt{2}$ و زاویه -45° است.

فهرست مطالب

فصل ۱ معرفی سیستمهای کنترل ۱۱

۱۱	۱-۱	مقدمه
۱۴	۲-۱	نمونه‌هایی از سیستمهای کنترل
۱۷	۳-۱	کنترل نلقه بسته و کنترل حلقه باز
۱۹	۴-۱	طراحی و برآورد سیستمهای کنترل
۲۱	۵-۱	نمای کلی کتاب

فصل ۲ مدلسازی ریاضی سیستمهای پیداینگی ۲۳

۲۳	۱-۲	مقدمه
۲۵	۲-۲	تابع تبدیل و پاسخ ضربه
۲۷	۳-۲	سیستمهای کنترل خودکار
۳۹	۴-۲	مدلسازی در فضای حالت
۴۵	۵-۲	نمایش فضای حالت سیستمهای دینامیکی
۴۹	۶-۲	تبدیل مدل‌های ریاضی به کمک MATLAB
۵۲	۷-۲	خطی کردن مدل‌های ریاضی غیرخطی
۵۵		مسائل نمونه و حلشان
۷۰		مسائل

فصل ۳ مدلسازی ریاضی سیستمهای مکانیکی و سیستمهای الکتریکی ۷۳

۷۳	۱-۳	مقدمه
۷۳	۲-۳	مدلسازی ریاضی سیستمهای مکانیکی
۸۳	۳-۳	مدلسازی ریاضی سیستمهای الکتریکی
۹۶		مسائل نمونه و حلشان
۱۰۹		مسائل

فصل ۴ مدل‌سازی ریاضی سیستم‌های سیالاتی و گرمایی ۱۱۳

۱۱۳	۱-۴	مقدمه
۱۱۴	۲-۴	سیستم‌های سطح مایع
۱۱۸	۳-۴	سیستم‌های نیوماتیکی
۱۳۷	۴-۴	سیستم‌های هیدرولیکی
۱۵۱	۵-۴	سیستم‌های گرمایی
۱۵۴		مسائل نمونه و حلشان
۱۶۹		مسائل

فصل ۵ تحلیل پاسخ گذرا و پاسخ حالت ماندگار ۱۷۵

۱۷۵	۱-۵	مقدمه
۱۷۷	۲-۵	سیستم مرتبه اول
۱۸۰	۳-۵	سیستم مرتبه دوم
۱۹۶	۴-۵	سیستم‌های مرتبه بالا
۲۰۰	۵-۵	تحلیل پاسخ گذرا با MATLAB
۲۲۹	۶-۵	معیار پایداری روث
۲۳۵	۷-۵	اثر عملهای کنترلی انتگرالی و مشتقی بر عملکرد سیستم
۲۴۲	۸-۵	خطاهای حالت ماندگار در سیستم‌های کنترلی دارای فیدبک واحد
۲۴۸		مسائل نمونه و حلشان
۲۸۳		مسائل

فصل ۶ تحلیل و طراحی سیستم‌های کنترل به‌روش مکان هندسی ریشه‌ها ۲۸۹

۲۸۹	۱-۶	مقدمه
۲۹۰	۲-۶	نمودار مکان هندسی ریشه‌ها
۳۱۱	۳-۶	رسم نمودار مکان هندسی ریشه‌ها با MATLAB
۳۲۶	۴-۶	مکان هندسی ریشه‌ها برای سیستم‌های با فیدبک مثبت
۳۳۰	۵-۶	طراحی سیستم کنترل با رهیافت مکان هندسی ریشه‌ها
۳۳۴	۶-۶	جبرانسازی پسفاز
۳۴۵	۷-۶	جبرانسازی پسفاز
۳۵۳	۸-۶	جبرانسازی پسفاز - پسفاز

۳۶۸	۹-۶ جبرانسازی موازی
۳۷۴	مسائل نمونه و حلشان
۴۲۲	مسائل

فصل ۷ تحلیل و طراحی سیستمهای کنترل به روش پاسخ فرکانسی ۴۲۹

۴۲۹	۱-۷ مقدمه
۴۳۵	۲-۷ نمودار بوده
۴۵۹	۳-۷ نمودارهای قطبی
۴۷۵	۴-۷ نمودارهای لگاریتم دامنه بر حسب فاز
۴۷۷	۵-۷ معیار پایداری نایکویست
۴۸۷	۶-۷ تحلیل پایداری
۴۹۶	۷-۷ پایداری نسبی
۵۱۱	۸-۷ پاسخ فرکانسی - رابطه بسته سیستمهای با فیدبک واحد
۵۲۲	۹-۷ تعیین تجربی تابع تبدیل
۵۲۷	۱۰-۷ طراحی سیستم کنترل استفاده از رهیافت پاسخ فرکانسی
۵۳۰	۱۱-۷ جبرانسازی پیشفاز
۵۳۹	۱۲-۷ جبرانسازی پسفاز
۵۴۸	۱۳-۷ جبرانسازی پسفاز - پیشفاز
۵۵۹	مسائل نمونه و حلشان
۶۰۱	مسائل

فصل ۸ کنترلکنندههای PID و PID اصلاح شده ۶۰۷

۶۰۷	۱-۸ مقدمه
۶۰۸	۲-۸ قواعد زیگلر - نیکولس برای تنظیم کنترلکنندههای PID
۶۱۸	۳-۸ طراحی کنترلکننده PID به روش پاسخ فرکانسی
۶۲۳	۴-۸ رهیافت محاسباتی برای یافتن مقدار بهینه پارامترها
۶۳۱	۵-۸ گونه‌های اصلاح شده‌ای از طرحهای کنترل PID
۶۳۴	۶-۸ کنترل با دو درجه آزادی
۶۳۶	۷-۸ رهیافت جایدهی صفر برای بهبود مشخصات پاسخ
۶۵۶	مسائل نمونه و حلشان
۶۸۵	مسائل

فصل ۹ تحلیل سیستمهای کنترل در فضای حالت ۶۹۳

۶۹۳	مقدمه	۱-۹
۶۹۴	نمایش فضای حالت سیستمهای تابع تبدیل	۲-۹
۷۰۱	تبدیل مدل‌های سیستم به کمک MATLAB	۳-۹
۷۰۵	حل معادلات حالت مستقل از زمان	۴-۹
۷۱۴	نتایجی از تحلیل ماتریسی	۵-۹
۷۲۲	کنترل پذیری	۶-۹
۷۲۹	مشاهده پذیری	۷-۹
۷۳۶	مسائل نمونه و حلشان	مسائل
۷۶۸	مسائل	مسائل

فصل ۱۰ طراحی سیستم‌های کنترل در فضای حالت ۷۷۱

۷۷۱	مقدمه	۱-۱۰
۷۷۲	جایدهی قطب	۲-۱۰
۷۸۴	حل مسئله جایدهی قطب با MATLAB	۳-۱۰
۷۸۷	طراحی سیستمهای سروو	۴-۱۰
۸۰۲	مشاهده گر حالت	۵-۱۰
۸۳۰	طراحی سیستمهای تنظیم کننده با مشاهده گر	۶-۱۰
۸۳۹	طراحی سیستمهای کنترل با مشاهده گر	۷-۱۰
۸۴۶	سیستمهای تنظیم کننده بهینه مرتبه دوم	۸-۱۰
۸۶۱	سیستمهای کنترل مقاوم	۹-۱۰
۸۷۲	مسائل نمونه و حلشان	مسائل
۹۱۲	مسائل	مسائل

۹۱۹ پیوست الف جدولهای تبدیل لاپلاس

۹۲۷ پیوست ب بسط به کسرهای جزیی

۹۳۴ پیوست ج جبر برداری-ماتریسی

۹۴۱ مراجع