



انتشارات نسیم آفتاب

انتشارات نسیم آفتاب

ناشر سری برق دانشمند خراسان

سیستم‌های کنترل خطی

(جلد اول)



سری برق

سرشناسه : رضوی، احسان
عنوان و نام پدیدآور : سیستم‌های کنترل خطی / سیداحسان رضوی.
مشخصات نشر : مشهد: نسیم آفتاب، ۱۳۹۲.
مشخصات ظاهری : ج ۲؛ ۲۹×۲۹ س.م.
فروست : سری برق
شابک : ج ۱: ۶-۰۹-۶۸۹۴-۶۰۰-۹۷۸؛ ج ۲: ۲-۱۰-۶۸۹۴-۶۰۰-۹۷۸
وضعیت فهرست نویسی : فیبا
موضوع : سیستم‌های کنترل خطی -- راهنمای آموزشی (عالی)
موضوع : سیستم‌های کنترل خطی -- آزمون‌ها و تمرین‌ها (عالی)
رده بندی کنگر : TJ۱۳۹۱۲۲۰۹ س ۶/۱
رده بندی دیویی : ۶۲۰.۷۱۱-۳۹
شماره کتابشناسی ملی : ۳۰۹۲۶۹۲

ناشر : انتشارات نسیم آفتاب
عنوان کتاب : سیستم‌های کنترل خطی (جلد اول)
مدیر پروژه : علی خسرو
مدیر تألیف : عباس شفیعی
مدیر اجرایی : مریم یقائی
گردآورنده : مریم یقائی
مؤلف : سید احسان رضوی
گروه ویراستاران : محمدرضا دسترنج، مریم یقائی
ناظر فنی چاپ : حبیب باری
واژه‌نگار و صفحه‌آرا : زهرا نوری دهنوی
گرافیک و طراح شکل: عذرا عصمت ساعتلو، سیده زهرا تقدسی
طراح جلد : عسل عسلیان
لیتوگرافی و چاپخانه : گویا اسکندر، چاپ معین
شابک : ۶-۰۹-۶۸۹۴-۶۰۰-۹۷۸
نوبت چاپ : اول (۱۳۹۲)
شمارگان : ۱۰۰۰ نسخه
قیمت : ۲۴۰۰۰ تومان

هرگونه چاپ و تکثیر (اعم از: زیراکس، بازنویسی، ضبط، کامپیوتری، تهیه CD) از محتویات این اثر بدون اجازه کتبی مدیر پروژه ممنوع است.
مستخلفان به موجب بند ۵ از ماده ۲ قانون حمایت از مولفان، مصنفان و هنرمندان تحت پیگرد قانونی قرار می‌گیرند.
• کلیه حقوق مادی و معنوی این اثر متعلق به مدیر پروژه این اثر می‌باشد.

دفتر مرکزی سری برق: مشهد، بلوار احمدآباد، رضا، ۳، پلاک ۸۳

تلفن: ۰۵۱۱-۷۶۲۵۰۸۰ و ۰۹۳۰۷۷۶۵۰۸۰ - مدیر پروژه: ۰۹۱۵۴۴۰۹۷۰۰

انتشارات نسیم آفتاب: مشهد، خیابان دانشگاه، دانشگاه ۲۰، پلاک ۱۱۰، طبقه اول تلفن: ۰۵۱۱-۲۲۵۷۴۳۰

مرکز پخش و توزیع کتاب سیمای دانش: تهران، خیابان انقلاب، ابتدای ۱۲ فروردین، پلاک ۳۱۸

تلفن: ۰۲۱-۶۶۹۶۶۱۱۴-۱۵



• راجع به خدمات آموزشی موسسه سری برق بیشتر بدانیم

«برق در تخصص ماست...»

شکر و سپاس خداوند یکتا و بی همتایی را که توفیق عنایت فرمود پس از کوشش و ممارست فراوان، موفق به ارائه مجموعه‌ای به واقع بی نظیر در عرصه علوم دانشگاهی و در جهت ارتقاء سطح علمی دانشجویان و مهندسان برق گرامی شویم.

سخن اول... کتاب‌های آمادگی آزمون کارشناسی ارشد

اولین گام سری برق در پهنه‌ی آموزش عالی کشور، تألیف کتاب‌های آمادگی آزمون کارشناسی ارشد در سطحی متمایز بود، سال‌هاست که همکاران عزیز ما در عرصه انتشار کتاب‌های دانشگاهی، خدمت به جوانان ایران زمین را سرلوحه کار خود قرار داده‌اند. چاپ و نشر کتاب همواره با مشکلات و سختی‌های فراوان مواجه بوده و تنها اراده‌ای مستحکم و عزمی جزم، آن را امکان‌پذیر می‌سازد.

موسسه سری برق با هدف ارائه شیوه‌های مدرن آموزشی و منطبق با تکنیک‌های به روز شده، بعنوان نخستین مجموعه‌ی تخصصی مهندسی برق از سال ۱۳۸۸ تا به عرصه‌ی آموزش نهاد و از سال ۱۳۹۰ فعالیت رسمی خود را جهت نیل به اهداف والای علمی و آموزشی آغاز نمود و به سرعت جهت تکمیل ارائه خدمات گام برداشته است. پایبندی به اصول اخلاقی و حرفه‌ای، شناخت صحیح از نیازهای مخاطبین و همکاری با اساتید برجسته از ویژگی‌های موسسه سری برق می‌باشد. از سویی دیگر، گروه آموزشی جوان و فعال موسسه سری برق، به‌عنوان یک قطب جدید و کاملاً موفق در مهندسی برق در سالیان اخیر مطرح شده‌اند.

اهداف بلند مدت و منسجم سری برق در زمینه نشر کتاب تخصصی مهندسی برق و همچنین فعالیت در کنکور کارشناسی ارشد، تولید بخش آینده‌ای درخشان و ایجاد فضایی متفاوت برای مهندسان برق است. آنچه در این راستا برای ما پر اهمیت بود، نتیجه کار و حاصلی بود که در اختیار دانشجویان عزیز قرار می‌گرفت، که رضایت خاطر آن‌ها محل آرامش هر وجدان بیدار و متعهدی می‌باشد. دانشجویان ما ایستادگی را دارند که با صرف کمترین زمان ممکن، بیشترین بهره را از مطالعه یک کتاب ببرند و می‌بایست کتابی کم نقص و پر محتوا و شاید جذاب در کنار خود ببینند. در همین راستا یک سری کامل از کتاب‌های آزمون کارشناسی ارشد مهندسی برق توسط سری برق تقدیم گردید. در این مجموعه کتاب‌های دو جلدی ریاضیات مهندسی، تجزیه و تحلیل سیستم‌ها، مدارهای الکتریکی، الکترونیک، الکترومغناطیس، سیستم‌های کنترل خطی، ماشین‌های الکتریکی و بررسی سیستم‌های قدرت، حاصل تلاش ما در دروس تخصصی مهندسی برق است.

از ویژگی‌های مجموعه کتاب‌های آزمون کارشناسی ارشد سری برق به موارد ذیل می‌توان اشاره نمود:

- شرح روان و کامل درس، بصورت منسجم و قوی جهت درک بهتر مطالب.
- ارائه نمودار درختی در ابتدای هر فصل از کتاب جهت اشراف کامل دانشجویان.
- ارائه روش‌های حل ابداعی و انحصاری در مباحث درسنامه و راه حل کوتاه مسائل گوناگون.
- ارائه تمرین‌های متنوع در متن درسنامه جهت تفهیم و تثبیت موضوع درسی در تمام فصول.
- ایجاد ایستگاه نکته و تست بصورت میکرو طبقه‌بندی شده (بانک تست کامل) در پایان هر فصل از کتاب.
- طبقه‌بندی کلیه سؤالات آزمون‌های کارشناسی ارشد مهندسی برق و رشته‌های مرتبط با مهندسی برق.
- ارائه تست‌های تألیفی همراه با دیدگاه‌های جدید طراحان، با نام یک‌گام فراتر جهت دستیابی به تسلط بیشتر.



• راجع به خدمات آموزشی موسسه سری برق بیشتر بدانیم

« برق در تخصص ماست... »

سخن دوم... کلاس های آمادگی آزمون کارشناسی ارشد:

به دنبال استقبال فراوان دانشجویان و مهندسان عزیز از کتاب های سری برق و همکاری مجموعه با مولفان نام آشنا که به عنوان برترین اساتید کنکور کارشناسی ارشد در سال های اخیر مطرح هستند و نیز با توجه به تجربیات کسب شده توسط اعضای گروه آموزشی سری برق و همچنین نتایج درخشان دانشجویان اساتید سری برق در آزمون کارشناسی ارشد، امسال نیز این مجموعه قصد دارد تا با برگزاری کلاس های آمادگی کنکور کارشناسی ارشد برق به اعتماد دانشجویان عزیز پاسخ درخور و شایسته ای دهد.

این کلاس ها در دو دوری تابستان (شروع کلاس ها در تیرماه) و پائیز (شروع کلاس ها در مهرماه) توسط اساتید سری برق که اکثر آنها بطور انحصاری با مجموعه همکاری می کنند، ارائه می گردد. هدف مجموعه سری برق از برگزاری دوره های فوق، رساندن داوطلبان گرامی به سطح آمادگی مطلوب جهت شرکت در آزمون کارشناسی ارشد است. گروه آموزشی سری برق با برگزاری کلاس های آمادگی کنکور کارشناسی ارشد، خدمات زیر را ارائه می نماید:

- برگزاری کلاس های کامل کنکور با حضور اساتید مولف و اصلی که شامل: تدریس کامل و جامع مطالب درسی مورد نیاز برای آزمون در هر درس، ارائه نکات کنکوری و راه حل های سریع جهت پاسخگویی به تست ها، حل تست های متنوع تالیفی و بررسی سوالات آزمون های کارشناسی ارشد سال های قبل است.
- برگزاری آزمون های کلاسی جهت حفظ آمادگی دانشجویان در طول دوره.
- برگزاری کلاس های حل تمرین در حین دوره و پس از دوره با حضور اساتید.
- برگزاری جلسات مشاوره و برنامه ریزی درسی توسط اساتید و مشاوران تحصیلی سری برق.
- برگزاری کلاس های جمع بندی، نکته و تست در پایان کلاس های دوره با حضور اساتید مولف.

سخن سوم... آزمون های آزمایشی کشوری سری برق

جهت آمادگی هرچه بیشتر داوطلبان گرامی و نیز شبیه سازی موقعیت و فضای کنکور کارشناسی ارشد، مجموعه سری برق اقدام به برنامه ریزی و برگزاری آزمون های آزمایشی کشوری نموده است. هدف اصلی از برگزاری این آزمون ها، تسلط و افزایش آمادگی برای آزمون اصلی، ایجاد انگیزه و اعتماد به نفس و نیز تقویت قدرت حافظه ای دانشجویان عزیز می باشد.

داوطلبان گرامی می توانند با مراجعه به وب سایت رسمی سری برق: www.seriebargh.com

از چگونگی ثبت نام، مراکز مجری برگزاری در هر شهر، سرفصل آزمون ها، منطق آزمون ها، تاریخ ها و خدمات جانبی مشاوره ای آزمون، اطلاعات کافی را بدست آورند.



www.Seriebargh.com

برق در تخصص ماست...

سخن پایانی... وب سایت رسمی سری برق

- تنها راه ارتباطی سریع و مطمئن با سری برق، وب سایت رسمی این مجموعه می باشد.
 - سری برق ضمن توجه به ارتقاء سطح کیفی کلاس ها، استفاده از اصول آموزش مدرن را سرلوحه فعالیت های خود قرار داده است و برای پیشبرد این هدف، قویترین سایت تخصصی و آموزشی مهندسی برق را ایجاد نموده تا مهندسان و دانشجویان گرامی در فضایی متفاوت، به شکلی بهتر بتوانند از مجموعه خدمات آموزشی این مؤسسه در عرصه های مختلف بهره گیرند.
 - آنچه در این سایت خواهید دید، فضایی کاملاً پویا و به روز، حاوی تمامی خدمات و اطلاع رسانی ها، پیرامون مجموعه سری برق می باشد، به عبارت دیگر مهندسان گرامی در هر نقطه ای از کشور می توانند با بهره گیری از دسترسی ها در سایت، به سهولت از خدمات مؤسسه استفاده نمایند.
 - از جمله خدمات موجود در سایت سری برق می توان به برخی موارد در زیر اشاره نمود:
 - ۱- PDF کتاب ها: PDF صفحات کتاب ها به صورت رایگان.
 - ۲- مشاوره تخصصی: ارائه مشاوره تخصصی توسط مشاورین بصورت آنلاین و آفلاین.
 - ۳- آخرین اخبار: درج آخرین اخبار مؤسسه در زمینه تازهای نشر، اخبار نمایشگاه های اختصاصی کتاب، همایش های سری برق و اطلاعیه مراکز ثبت نام کلاس های کنکور و آزمون های آزمایشی در شهرهای مختلف کشور مانند تهران، مشهد، اصفهان، شیراز، گرگان و ... همچنین انعکاس اطلاعیه های سازمان سنجش آموزش کشور در زمینه آزمون های کارشناسی ارشد و دکتری.
 - ۴- تالار گفتگو: جهت ارتباط بیشتر دانشجویان و اساتید با یکدیگر.
 - ۵- معرفی گرایش ها: آشنایی با تمامی گرایش های کارشناسی ارشد رشته مهندسی برق.
 - ۶- فروشگاه اینترنتی: داوطلبان گرامی می توانند تمامی کتاب ها و محصولات سری برق و نیز دفترچه های کنکور و آزمون های آزمایشی را از فروشگاه سایت خریداری نمایند و در فاصله زمانی کمتر از ۷۲ ساعت در محل مورد نظرشان در هر نقطه از کشور تحویل بگیرند.
 - ۷- معرفی نماینده رسمی: نماینده رسمی سری برق در هر شهر یک سفید اختصاصی وب، همراه با اطلاعات کامل دارا می باشد.
 - ۸- مراکز فروش کتاب: معرفی مراکز معتبر فروش و پخش کتاب به صورت عمده و تک فروشی در هر شهر.
 - ۹- نحوه ثبت نام: نحوه ثبت نام در کلاس های آمادگی آزمون و ثبت نام آزمون های آزمایشی کارشناسی ارشد سری برق.
 - ۱۰- کارنامه: کارنامه رتبه های برتر و دانشگاه محل قبولی آنها.
- مهندسان و دانشجویان گرامی می توانند با ورود به سایت سری برق از کلیه خدمات ارائه شده بصورت نامحدود استفاده نمایند. (عضویت در سایت سری برق بصورت رایگان می باشد.)
- آنچه بیان شد گوشه ای از دسترنج و زحمات بی کران گروهی می باشد که تنها هدفشان، همراهی شما عزیزان تا مقصود نهایی است.

این مجموعه تقدیم می شود به تمام دانشجویان و مهندسان برق در سراسر ایران عزیز



به یادمان مستقیم، به یادمان باشد
خانواده بزرگ سری برق



با توجه به پیشرفت روزافزون علم و دانش در کشور عزیزمان ایران و گرایش دانشجویان به تحصیلات تکمیلی به خصوص مقطع کارشناسی ارشد و همچنین رعایت این نکته که درس سیستم های کنترل خطی یکی از مهم ترین دروس آزمون کارشناسی ارشد مهندسی برق می باشد و با توجه به نیاز مبرم دانشجویان به منبعی جامع و کامل که آنها را در رسیدن به این هدف متعالی یاری کند، بر آن شدم که کتاب حاضر را تألیف نمایم.

این مجموعه فراهم کننده مجالی گرانبها، برای آشنایی و تسلط هر چه بیشتر دانشجویان مقطع کارشناسی مهندسی برق و داوطلبان آزمون کارشناسی ارشد مهندسی برق با درس سیستم های کنترل خطی می باشد. کتاب حاضر مطابق با سرفصل سیستم های کنترل خطی وزارت علوم، تحقیقات و فناوری و در دو جلد تألیف گردیده است. این مجموعه، نتیجه سالها تجربه و تدریس اینجانب در دانشگاه ها و موسسات آموزش عالی و همچنین کلاس های آمادگی آزمون کارشناسی ارشد می باشد.

در هر فصل از کتاب، مطالب در چهار بخش گنجانده شده است :

۱- درسنامه هر فصل که شامل: الف) بیان تشریحی و تفهیم کامل مطالب که همانند یک کلاس درسی

می باشد

ب) ارائه مثال های متنوعی که منتخب تست های اخیر آزمون کارشناسی ارشد است.

۲- کتاب تستی اجباری و روش های ابداعی که کمتر در مراجع و کتاب های موجود، پیدا خواهد شد و نتیجه سالها تحقیق، استنباط و تلاش بی وقفه اینجانب می باشد.

۳- تست های پایان هر فصل از کتاب که شامل کامل ترین بانک تست آزمون های سراسری و آزاد رشته های مهندسی برق، اتوماسیون و ابزار دقیق، هسته ای، مکانیک، مکترونیک و مهندسی پزشکی بوده و به دو روش تشریحی (جهت فهم و درک بهتر دانشجویان محترم) و تستی (جهت افزایش سرعت حل مسائل و ارائه روش های کنکوری) حل شده است و از این حیث مجموعه ای کم نظیر می باشد.

۴- بخش یک گام فراتر در هر فصل از کتاب آزمونی خواهد بود برای آن دسته از دانشجویانی که هدفشان تسلط بیشتر بر فصل مربوطه و مباحث مطروحه در آن بخش از کتاب است. تست های تألیفی که یک گام فراتر از سوالات آزمون کارشناسی ارشد می باشند، با تکیه به مفاهیم اصلی درس و نکات درون فصل و همچنین دیدگاه های جدید طراحی سوالات آزمون کارشناسی ارشد تألیف گردیده است.

در پایان، بر خود لازم می دانم خدمت جناب آقای پروفیسور علی خاکی صدیق که هر چه آموختم مرهون زحمات بی شائبه این استاد فرهیخته و اندیشمند فرزانه است و جناب آقای پروفیسور رجب اصغریان قناد یزدی که با دقت نظر و ارائه راهنمایی های ارزشمند خویش در جهت بی نقص بودن این مجموعه گام برداشته اند مراتب قدردانی خود را اعلام دارم.

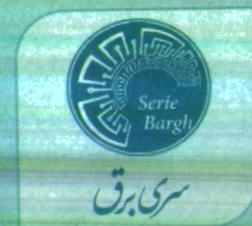
همچنین از مدیریت محترم انتشارات سری برق جناب آقای مهندس علی خسروی که با حمایت های بی دریغ خود اینجانب را در هر چه بهتر ارائه دادن این مجموعه یاری رسانده اند و نیز سرکارخانم مهندس مریم یقانی که زحمت ویراستاری کتاب را بر عهده داشته اند کمال تشکر و امتنان را دارم.

تألیف این کتاب و تمامی دستاوردهای ناچیز علمی اینجانب مرهون عنایت خاصه حضرت ولی عصر، مهدی موعود (عج) و لطف بیکران باب الحوائج، حضرت ابوالفضل العباس (ع) می باشد.

توفیق روزافزون جوانان این مرز و بوم را از خداوند متعال مسئلت دارم.

سید احسان رضوی

عضو هیأت علمی گروه برق دانشگاه آزاد اسلامی مشهد



فهرست

(سیستم های کنترل خطی جلد اول)

۳۸	۴-۵-۲- قاعده میسون
۴۱	۶-۲- رابطه بلوک دیاگرام با SFG
۴۳	ایستگاه تخته و تسه فصل دوم
۵۳	پاسخ تسه های فصل دوم
۶۴	یک گام فراتر (تسه های تالیفی)
۶۷	پاسخ یک گام فراتر (پاسخ تسه های تالیفی)

فصل سوم: مقدمه ای بر نظریه ی ماتریس ها

۷۰	مقدمه
۷۰	۱-۳- تبدیل n معادله به ماتریس
۷۰	۲-۳- برخی تعاریف پایه ماتریس ها
۷۱	۳-۳- محاسبه ماتریس معکوس (تقسیم ماتریس ها)
۷۲	۱-۳-۳- خواص معکوس ماتریس
۷۳	۴-۳- جبر ماتریس ها
۷۳	۱-۴-۳- برابری دو ماتریس
۷۳	۲-۴-۳- جمع و تفریق ماتریس ها
۷۳	۳-۴-۳- ضرب ماتریس ها
۷۳	۵-۳- رتبه ماتریس
۷۳	۱-۵-۳- خواص رتبه ماتریس
۷۴	۶-۳- مقادیر ویژه و بردار ویژه
۷۴	۶-۳- تعریف ماتریس مثبت
۷۴	۷-۳- مشتق گیری و انتگرال گیری از ماتریس

فصل چهارم: تحلیل سیستم های خطی در فضای حالت

۷۶	مقدمه
۷۷	۱-۴- تعاریف پایه
۷۷	۱-۱-۴- فضای حالت
۷۷	۲-۱-۴- حالت خفیه
۷۷	۳-۱-۴- متغیرهای حالت
۷۸	۵-۱-۴- معادلات حالت
۷۸	۲-۴- نمایش معادله های حالت
۷۹	۳-۴- انتخاب متغیرهای حالت برای یک سیستم
۷۹	۱-۳-۴- نحوه ی انتخاب متغیرهای حالت در سیستم های کنترل
۸۰	۴-۴- تعریف نقطه تعادل
۸۱	۵-۴- رابطه معادلات حالت و تابع تبدیل در یک سیستم
۸۲	۱-۵-۴- ارتباط قطب ها و مقادیر ویژه
۸۳	۶-۴- نمودار حالت
۸۴	۷-۴- پیاده سازی تابع تبدیل
۸۴	۱-۷-۴- پیاده سازی مرتبه اول
۸۵	۲-۷-۴- پیاده سازی عامل مرتبه دوم
۸۵	۸-۴- محاسبه فضای حالت از روی تابع تبدیل

فصل اول: مقدمه ای بر سیستم های کنترل

۱۰	مقدمه
۱۰	۱-۱- اصطلاحات پایه و اساسی
۱۱	۲-۱- انواع سیستم ها
۱۲	۱-۲-۱- انواع سیستم های کنترلی
۱۳	۳-۱- مثال های کاربردی سیستم های کنترل
۱۴	۴-۱- لاپلاس
۱۴	۱-۴-۱- تعریف تبدیل لاپلاس در معادلات دیفرانسیل
۱۵	۲-۴-۱- خواص تبدیل لاپلاس
۱۵	۵-۱- محاسبه عکس تبدیل لاپلاس

فصل دوم: نمایش سیستم های کنترلی

۲۲	مقدمه
۲۲	۱-۲- تعاریف پایه
۲۲	۱-۱-۲- تابع تبدیل
۲۳	۲-۱-۲- صفرها و قطب های سیستم
۲۵	۳-۱-۲- معادله ی مشخصه سیستم
۲۷	۲-۲- بحث ساده سازی تابع تبدیل
۲۸	۳-۲- اثرات فیدبک بر روی سیستم
۲۹	۱-۳-۲- اثر فیدبک بر روی بهره (کین) سیستم
۳۰	۲-۳-۲- اثر فیدبک بر روی حساسیت سیستم
۳۰	۳-۳-۲- اثر فیدبک بر حذف اغتشاش
۳۳	۴-۳-۲- اثر فیدبک بر روی صفر و قطب سیستم
۳۴	۴-۲- دیاگرام بلوکی
۳۵	۱-۴-۲- معرفی المانهای اصلی در دیاگرام بلوکی
۳۵	۲-۴-۲- ساده سازی بلوک ها
۳۶	۵-۲- گراف گذر سیگنال SFG
۳۶	۱-۵-۲- تعاریف پایه گراف گذر سیگنال
۳۷	۲-۵-۲- ساده سازی گراف ها
۳۸	۳-۵-۲- جبر SFG

۱۴۳	۱-۶-۵- اثر اضافه کردن قطب به توابع تبدیل	۸۶	۱-۸-۴- تحقق کانونیکال کنترل پذیر
۱۴۴	۲-۶-۵- اثر اضافه کردن صفر به تابع تبدیل	۸۸	۲-۸-۴- تحقق کانونیکال رویت پذیر
۱۴۶	ایستگاه نکته و تسه فصل پنجم	۸۹	۳-۸-۴- تحقق سری (تحقق متوالی)
۱۶۱	پاسخ تسه های فصل پنجم	۸۹	۴-۸-۴- تحقق موازی
۱۷۶	یک گام فراتر (تسه های تالیفی)	۹۱	۹-۴- محاسبه ی پاسخ سیستم از روی فضای حالت
۱۷۸	پاسخ یک گام فراتر (پاسخ تسه های تالیفی)	۹۱	۱-۹-۴- پاسخ ورودی صفر
	فصل ششم: تحلیل پایداری سیستم به روش راث هرویتز	۹۱	۲-۹-۴- پاسخ حالت صفر
۱۸۲	مقدمه	۹۲	۱۰-۴- حل معادلات حالت
۱۸۲	۱-۶- انواع پایداری	۹۲	۱-۱۰-۴- تعریف ماتریس انتقال (گذار) حالت
۱۸۳	۲-۶- تحلیل و بررسی پایداری سیستم های کنترل	۹۲	۲-۱۰-۴- خواص ماتریس گذار حالت
۱۸۴	۳-۶- تحلیل پایداری سیستم با روش راث- هرویتز	۹۶	۱۱-۴- پاسخ کامل سیستم و بدست آوردن متغیرهای حالت
۱۸۴	۱-۳-۶- استفاده ی گام به گام از آرایه ی راث	۹۶	۱۲-۴- مقادیر ویژه و بردار ویژه سیستم در فضای حالت
۱۸۷	۴-۶- بررسی حالت های خاص در آرایه ی راث	۹۹	۱۳-۴- فیدبک حالت
۱۸۷	۱-۴-۶- حالت خاص اول	۱۰۲	۱۴-۴- کنترل پذیری و مشاهده پذیری
۱۹۳	۵-۶- تحلیل پایداری سیستم ها با یک پارامتر مجهول	۱۰۲	۱-۱۴-۴- تعریف کنترل پذیری حالت
۱۹۶	۶-۶- تحلیل پایداری سیستم های دو پارامتری	۱۰۳	۲-۱۴-۴- شرایط لازم و کافی برای کنترل پذیری سیستم
۱۹۸	۷-۶- تحلیل پایداری نسبی	۱۰۳	۳-۱۴-۴- تعریف مشاهده پذیری حالت
۲۰۱	ایستگاه نکته و تسه فصل ششم	۱۰۳	۴-۱۴-۴- شرایط لازم و کافی برای مشاهده پذیری سیستم
۲۱۵	پاسخ تسه های فصل ششم	۱۰۵	۱۵-۴- خطی سازی سیستم های غیر خطی
۲۳۲	یک گام فراتر (تسه های تالیفی)	۱۰۷	ایستگاه نکته و تسه فصل چهارم
۲۳۴	پاسخ یک گام فراتر (پاسخ تسه های تالیفی)	۱۱۴	پاسخ تسه های فصل چهارم
	فصل هفتم: تحلیل خطای حالت ماندگار	۱۲۰	یک گام فراتر (تسه های تالیفی)
۲۳۸	مقدمه	۱۲۲	پاسخ یک گام فراتر (پاسخ تسه های تالیفی)
۲۳۸	۱-۷- تعریف خطا		فصل پنجم: تحلیل پاسخ گذرا
۲۴۰	۲-۷- محاسبه خطا به ورودی مرجع در حالت فیدبک واحد	۱۲۶	مقدمه
۲۴۰	۱-۲-۷- خطای حالت ماندگار سیستم با ورودی پله	۱۲۶	۱-۵- بررسی پاسخ زمانی
۲۴۲	۲-۲-۷- خطای حالت ماندگار سیستم به ورودی شیب	۱۲۷	۲-۵- پاسخ گذرای سیستم مرتبه اول
۲۴۴	۳-۲-۷- خطای حالت ماندگار سیستم به ورودی سهموی	۱۲۷	۱-۲-۵- محاسبه پاسخ پله در یک سیستم مرتبه اول
۲۴۹	۷-۳- تحلیل خطا به ورودی مرجع در حالت فیدبک غیر واحد	۱۲۸	۲-۲-۵- محاسبه پاسخ ضربه در یک سیستم مرتبه اول
۲۵۴	۴-۷- تحلیل خطا به ورودی اغتشاش	۱۲۹	۳-۲-۵- محاسبه پاسخ شیب در سیستم مرتبه اول
۲۵۸	۵-۷- تعیین نوع سیستم به ورودی های متفاوت	۱۳۰	۳-۵- پاسخ گذرای سیستم مرتبه دوم استاندارد
۲۵۹	۶-۷- خطای حالت ماندگار سیستم در فضای حالت	۱۳۰	۱-۳-۵- حالت های مختلف پاسخ پله در یک سیستم مرتبه دوم
۲۶۱	ایستگاه نکته و تسه فصل هفتم	۱۳۱	۲-۳-۵- محاسبه پاسخ پله در حالت های مختلف
۲۷۰	پاسخ تسه های فصل هفتم	۱۳۵	۳-۳-۵- تعریف مشخصات پاسخ گذرا
۲۸۳	یک گام فراتر (تسه های تالیفی)	۱۴۰	۴-۳-۵- پاسخ ضربه سیستم مرتبه دوم استاندارد
۲۸۵	پاسخ یک گام فراتر (پاسخ تسه های تالیفی)	۱۴۱	۵-۳-۵- پاسخ سیستم مرتبه دوم استاندارد به ورودی شیب
۲۸۸	منابع و مآخذ	۱۴۲	۴-۵- تعیین پاسخ پله در سیستم مرتبه دوم غیر استاندارد
		۱۴۳	۵-۵- سیستم درجه ۳ و بالاتر
		۱۴۳	۶-۵- اثر افزودن صفر و قطب بر پاسخ سیستم