

« به نام خدا »

رئوس مطالب قسمت سوم از کلمج بالتمیدای کنترول خطی

(این فایل آخرین بار در تاریخ ۹۹/۰۸/۰۳ بروزسانی شده است)

تذکر مهم:

۱. سرفصلهای ذکر شده در قسمت ذیل ثابت نبوده و ممکن است برحسب نیاز (مثلاً بدلیل حل تستهای سالهای جدید، ارائه تستهای بیشتر، تغییرات احتمالی در سرفصلهای مصوب وزارت علوم و ...) بروزسانی شود. لازم بذکر است استفاده از این بروزسانیهای احتمالی برای کلیه عزیزانی که این بسته آموزشی را خریداری نموده باشند، **رایگان** خواهد بود.
۲. با توجه به تعدد سرفصلها و نکات ارائه شده در هر جلسه، در فهرست ذیل **صرفاً رئوس مطالب** ارائه شده در هر جلسه ذکر شده، و از ذکر جزئیاتی مانند: نکات خاص، روشهای مختلف حل تستها، مثالهای آموزشی، شبیه‌سازیهای *MATLAB*، انیمیشنهای آموزشی و... پرهیز شده است.

جلسه ۳۲: نمودار قطبی و معیار پایداری نایکوئیست

پارت اول:

- ۱- تنوری کوشی (قضیه آرگومان)
- ۲- مثال آموزشی
- ۳- مثال آموزشی
- ۴- تست مروری برق ۸۰
- ۵- آشنایی اولیه با معیار پایداری نایکوئیست
- ۶- نحوه شمارش N در دیاگرام نایکوئیست
- ۷- شهود ارتباط بین نمودارهای RL و نایکوئیست و بود
- ۸- مثالهای آموزشی از نحوه شمارش N در دیاگرامهای نایکوئیست پیچیده
- ۹- نکات بسیار مهم و اشتباهات رایج در استفاده از معیار پایداری نایکوئیست

جلسه ۳۳: نمودار قطبی و معیار پایداری نایکوئیست (ادامه)

پارت اول:

- ۱- رسم منحنی‌های نایکوئیست به روش دقیق نگاشت (بهمراه مثال)
- ۲- رسم منحنی‌های نایکوئیست به روش تقریبی و سریع
- ۳- منحنی نایکوئیست قطب حقیقی ساده (بهمراه انیمیشن آموزشی *MATLAB*)
- ۴- منحنی نایکوئیست قطب حقیقی مکرر (بهمراه انیمیشن آموزشی *MATLAB*)
- ۵- منحنی نایکوئیست قطب مختلط غیراستاندارد (بهمراه انیمیشن آموزشی *MATLAB*)

۶- اثباتهای مربوط به منحنی نایکوئیست قطب مختلط استاندارد

پارت دوم:

۷- تاثیر G_k بر منحنی نایکوئیست و ارتباط آن با نمودارهای بودی (بهمراه انیمیشنهای آموزش در *MATLAB*)

۸- منحنی نایکوئیست تابع سره و *NMP* (بهمراه انیمیشن آموزشی *MATLAB*)

۹- منحنی نایکوئیست تابع اکیداً سره و *NMP* (بهمراه انیمیشن آموزشی *MATLAB*)

۱۰- منحنی نایکوئیست تابع سره و *MP* (بهمراه انیمیشن آموزشی *MATLAB*)

۱۱- منحنی نایکوئیست تابع سره و *NMP*

پارت سوم:

۱۲- تست مروری برق ۹۲

۱۳- بحث در انواع سرعتهای یک پاسخ

۱۴- تست مروری برق ۹۹

۱۵- تست مروری اتوماسیون ۹۷

۱۶- تشخیص رفتار فاز در نمودارهای نایکوئیست (بهمراه تمرین)

۱۷- تست مروری دکترای ۹۸

۱۸- تست مروری برق ۹۳

۱۹- شهود ارتباط نگاشت GH و $1+GH$

جلسه ۳۴: نمودار قطبی و معیار پایداری نایکوئیست (ادامه)

پارت اول:

۱- نگاشت منحنی D توسط تابع CL در مقابل نگاشت منحنی D توسط تابع OL

۲- ارتباط قطبهای GH و $1+GH$

۳- استنتاج معیار پایداری نایکوئیست از قضیه کوشی و نکات مربوطه

۴- تست مروری اتوماسیون ۹۴

۵- تست مروری برق ۹۷

پارت دوم:

۶- تست مروری دکترای ۹۶

۷- رسم منحنیهای قطبی به روش کلاسیک و ارائه مفاهیم مقدماتی (دیتور، کانتور، *exclude* کردن، *include* کردن و ...)

۸- مثال آموزشی بسیار مهم و کلیدی (و آشنایی با نقطه ضعف دیاگرامهای بودی برای رسم منحنیهای قطبی)

۹- نکات مربوط به نگاشت دیتورها

۱۰- نکات مربوط به نگاشت محور موهومی

۱۱- نکات مربوط به نگاشت دایره عظیمه

پارت سوم:

- ۱۲- محاسبه محل تلاقی منحنی قطبی با محورهای حقیقی و موهومی
- ۱۳- محاسبه مجانب قائم در منحنی های قطبی
- ۱۴- تست مروری برق ۸۸
- ۱۵- حل مثال آموزشی بسیار مهم و کلیدی و آشنایی با مفاهیمی نظیر: ابهام بودی، رفتار ناپکوئیست در صفر و قطبهای موهومی، تاثیر *include* و *exclude* کردن، و ...

جلسه ۳۵: نمودار قطبی و معیار پایداری نایکوئیست (ادامه)

پارت اول:

- ۱- رفتار توابع اکیداً سره، سره و ناسره در HF
- ۲- تست مروری دکترای ۹۶
- ۳- تست مروری اتوماسیون ۹۳
- ۴- حالت خاص $\zeta = 0$ در نمودارهای نایکوئیست
- ۵- رفتار منحنی قطبی در صفرهای موهومی
- ۶- رفتار منحنی قطبی در قطبهای موهومی

پارت دوم:

- ۷- تست تالیفی بسیار مهم در خصوص رفتار منحنی قطبی در صفرهای موهومی (انیمیشنهای آموزشی *MATLAB*)
- ۸- تست مروری دکترای ۹۶
- ۹- نگاشت دیتور حول قطب موهومی مرتبه N
- ۱۰- تست تالیفی

پارت سوم:

- ۱۱- تست مروری برق ۷۷
- ۱۲- تست مروری برق ۷۸

جلسه ۳۶: نمودار قطبی و معیار پایداری نایکوئیست (ادامه)

پارت اول:

- ۱- عبور منحنی قطبی از نقطه $-1 + j0$ و نکات مربوط به آن
- ۲- شرط لازم نوسانسازی
- ۳- تست تالیفی مهم
- ۴- تست مروری برق ۸۵ به همراه نکات مربوطه (بحث در نوسانسازی، جهش در RL ، کره ریمانی، رفتار خاص منحنی فاز و ...)
- ۵- تست مروری برق ۹۹

۶- محاسبه زاویه HF در منحنی قطبی

۷- تست مروری برق ۹۸

۸- زاویه خوانی در منحنی های قطبی (LF و HF)

۹- محاسبه زاویه LF در سیستمهای تیپ N

پارت دوم:

۱۰- تست تالیفی

۱۱- تست تالیفی

۱۲- تست مروری برق ۸۸

۱۳- شهود انواع ارتباط بین نمودارهای بودی و نمودار نایکوئیست و نمودار RL و آرایه راث

۱۴- تست مروری اتوماسیون ۹۸

۱۵- تست مروری دکترای ۹۸

۱۶- تست مروری برق ۹۹

۱۷- منحنی های قطبی اکیداً حقیقی

پارت سوم:

۱۸- تست مروری برق ۹۰

۱۹- تست مروری برق ۹۴

۲۰- تست مروری برق ۹۷

جله ۳۷: نمودار قطبی و معیار پایداری نایکوئیست (ادامه)

پارت اول:

۱- بررسی پایداری حلقه بسته $K \times G$ از روی G

۲- دیدگاه اول تجانس

۳- دیدگاه دوم تجانس

۴- مثال و یک تمرین مهم

۵- تعمیم یافته معیار پایداری نایکوئیست (بیان اول)

۶- تعمیم یافته معیار پایداری نایکوئیست (بیان دوم)

۷- رسم دیاگرام نایکوئیست تابع $G \times (-1)$

۸- تست آموزشی اتوماسیون ۸۸ (نایکوئیست و دیدگاه دوم تجانس)

پارت دوم:

۹- تست آموزشی اتوماسیون ۸۸ (نایکوئیست و دیدگاه اول تجانس)

۱۰- تست آموزشی اتوماسیون ۸۸ (آموزش تحلیل کلیه حالات پایداری)

۱۱- تست آموزشی اتوماسیون ۸۸ (دیدگاه راث-هورویتز)

۱۲- تلاقی دیاگرام نایکوئیست با نقطه (-۱) و کلیه نکات و اثباتهای مربوطه

پارت سوم:

۱۳- تلاقی دیاگرام نایکوئیست با محور $Re \leq 0$ و کلیه نکات و اثباتهای مربوطه

۱۴- مرور انواع ارتباطات نمودارهای نایکوئیست و مکان هندسی ریشه‌ها در قالب یک تست تالیفی

۱۵- دلیل تفاوت حد بهره حاصل از دو روش مختلف در برخی تستها

۱۶- پیاده‌سازی کلیه مفاهیم تدریس شده در این جلسه توسط *MATLAB* و ارائه یک آموزش خلاصه از نحوه بکارگیری *MATLAB*

جلسه ۳۸: نمودار قطبی و معیار پایداری نایکوئیست (ادامه)

پارت اول:

۱- خلاصه‌ای بسیار مفید از کلیه روابط موجود میان نمودارهای نایکوئیست و *RL*

۲- تست مروری برق ۹۶ (دیدگاه اول-راث)

۳- تست مروری برق ۹۶ (دیدگاه دوم-نایکوئیست)

پارت دوم:

۴- تست مروری برق ۹۵ (دیدگاه اول)

۵- تست مروری برق ۹۵ (دیدگاه دوم)

۶- تست مروری برق ۹۵ (حل سؤال)

۷- تست مروری برق ۹۵ (نکات تکمیلی)

پارت سوم:

۸- تست مروری برق ۹۷ (حل مد نظر طراح و حل صحیح)

۹- تست مروری برق ۹۷ (اثبات نادرستی کلید اولیه سنجش به ۲ روش به همراه شبیه‌سازی کامل در *MATLAB* + نکات تکمیلی)

۱۰- تست مروری برق ۹۷

۱۱- تست مروری برق ۹۷ (دیدگاه اول)

۱۲- تست مروری برق ۹۷ (دیدگاه دوم: تخمین دقیق تابع حلقه)

جلسه ۳۹: نمودار قطبی و معیار پایداری نایکوئیست + جاشیه‌های پایداری

پارت اول:

۱- تست مروری برق ۹۱ (به همراه شبیه‌سازی در *MATLAB*)

۲- نمودارهای نایکوئیست حقیقی و موهومی محض

۳- تست مروری دکترای ۹۱

۴- دیاگرامهای نایکوئیست *Spiral* دسته اول (و ارتباط آنها با *RL* های خورشیدی)

- ۵- تست مروری اتوماسیون ۸۷
 ۶- دیاگرامهای نایکوئیست *Spiral* دسته دوم
 ۷- کاربرد معیار پایداری نایکوئیست در بررسی پایداری سیستمهای دارای تأخیر

پارت دوم:

- ۸- تست مروری برق ۹۶
 ۹- تست مروری برق ۹۰
 ۱۰- تست مروری برق ۸۵
 ۱۱- تست مروری برق ۸۷
 ۱۲- تست مروری اتوماسیون ۹۲ (راهکار مواجهه با همپوشانی شدید بین فرکانسهای گوشه‌ای)
 ۱۳- تست مروری برق ۹۸
 ۱۴- تست مروری برق ۸۲
 ۱۵- تست مروری اتوماسیون ۹۸
 ۱۶- تست مروری اتوماسیون ۹۸
 ۱۷- تست مروری برق ۷۰
 ۱۸- بکارگیری معیار نایکوئیست هنگام عبور نمودار قطبی از نقطه $s = -1 + j0$ (تست مروری اتوماسیون ۸۲)

پارت سوم:

- ۱۹- مفهوم فیزیکی *GM*
 ۲۰- مثال آموزشی (و بیان یک اشتباه رایج در تعیین پایداری سیستمها بکمک *GM*)
 ۲۱- تعریف *GM* (دیدگاه اول)
 ۲۲- تست تألیفی
 ۲۳- تست مروری برق ۹۱
 ۲۴- تعریف *GM* (دیدگاه دوم)
 ۲۵- الگوریتمهای محاسبه *GM*
 ۲۶- تست مروری برق ۸۴ (دیدگاه اول)
 ۲۷- تست مروری برق ۸۴ (دیدگاه دوم)

جلسه ۴۰: حاشیه پایداری (ادامه)

پارت اول:

- ۱- ارتباط *GM* با نمودار نایکوئیست
 ۲- تست مروری دکترای ۹۸
 ۳- تست مروری دکترای ۹۸

۴- تعابیر فیزیکی بینهایت شدن GM

۵- مثال آموزشی مهم

۶- مثال آموزشی مهم

۷- مثال آموزشی مهم

۸- تعابیر فیزیکی صفر شدن GM

۹- مثال آموزشی مهم

۱۰- مثال آموزشی مهم

۱۱- ارتباط GM با نمودارهای بودی

۱۲- مثال آموزشی مهم

۱۳- مثال آموزشی مهم

پارت دوم:

۱۴- شبیه سازی دو مثال آموزشی قبل در محیط $MATLAB$

۱۵- مثال آموزشی

۱۶- مثال آموزشی

۱۷- مثال آموزشی بسیار مهم

۱۸- نکته GM مربوط به سیستمهای سره

۱۹- تست تألیفی

۲۰- تست تألیفی

۲۱- نکته ثابت بودن $K \times GM$

پارت سوم:

۲۲- تست تألیفی

۲۳- مرور پنج اشتباه رایج مربوط به قضاوت در خصوص سیستمهای نوسانی

۲۴- تست تألیفی

۲۸- تعریف PM

۲۵- الگوریتم محاسبه حد فاز

۲۶- محک پایداری با استفاده از PM

۲۷- تست آموزشی برق ۸۶ و تعبیر فیزیکی PM با استفاده از آن

۲۸- تست مروری اتوماسیون ۹۷

جلسه ۴۱: حاشیه‌های پایداری (ادامه)

پارت اول:

- ۱- ارتباط PM با نمودار نایکوئیست
- ۲- مثال آموزشی بسیار مهم
- ۳- ارتباط PM با نمودار بود
- ۴- تعیین پایداری سیستم حلقه بسته با استفاده از PM و GM
- ۵- مثال آموزشی

پارت دوم:

- ۶- مثال آموزشی
- ۷- نقاط ضعف نمودارهای بودی
- ۸- PM و GM در سیستمهای دارای فرکانس قطع چندگانه
- ۹- آشنایی با مفهوم پایداری نسبی
- ۱۰- ارتباط پایداری نسبی با حاشیه‌های پایداری
- ۱۱- تست تالیفی بسیار مهم (بهمراه ۷ مثال آموزشی بسیار مهم و کلیدی)
- ۱۲- تست مروری دکترای ۹۲

پارت سوم:

- ۱۳- تست مروری برق ۹۶ (مرور کامل مفهوم پایداری نسبی)

جلسه ۴۲: حاشیه‌های پایداری (ادامه)

پارت اول:

- ۱- قضیه IR
- ۲- قضیه ZC (بهمراه اثبات)
- ۳- تثبیت قضایای IR و ZC با استفاده از ۹ مثال آموزشی
- ۴- تست مروری اتوماسیون ۹۴
- ۵- تست مروری برق ۹۴
- ۶- تست مروری برق ۸۱

پارت دوم:

- ۷- عبور دیاگرام نایکوئیست از نقطه (-1) و نمود آن در نمودار مکان هندسی ریشه‌ها
- ۸- تلاقی دیاگرام نایکوئیست با محور $Re \leq 0$ و نمود آن در نمودار مکان ریشه‌ها
- ۹- تلاقی دیاگرام نایکوئیست با محور Re و نمود آن در نمودار مکان ریشه‌ها

- ۱۰- تست مروری برق ۸۹
- ۱۱- معیار پایداری بارک هاوزن
- ۱۲- معیار پایداری بی نام!
- ۱۳- مثال آموزشی بسیار مهم
- ۱۴- عبارات معادل با معیار پایداری بارک هاوزن
- ۱۵- تست مروری برق ۹۲
- ۱۶- تست مروری برق ۹۲

پارت سوم:

- ۱۷- تست مروری برق ۹۲
- ۱۸- تست مروری برق ۹۲
- ۱۹- تست مروری برق ۹۱
- پارت چهارم:
- ۲۰- تست مروری برق ۹۲
- ۲۱- تست مروری برق ۹۵
- ۲۲- نمودارهای نیکولز (تست مروری اتوماسیون ۸۳)
- ۲۳- تست مروری اتوماسیون ۸۸

جلسه ۴۳: طراحی کنٹرلر

پارت اول:

- ۱- کنٹرلرهای کلاسیک و مدرن
- ۲- یادآوری نکته دافعه و جاذبه قطب و صفر
- ۳- انواع جبران سازی
- ۴- نگاه اجمالی به انواع جبران سازیهای سری
- ۵- کنٹرلر تناسبی
- ۶- معایب کنٹرلر تناسبی
- ۷- جبران سازی و حذف صفر با قطب
- ۸- نکته مهم در خصوص پایداری جبران سازیها

پارت دوم:

- ۹- یک قضیه بسیار کاربردی و مهم
- ۱۰- مثال آموزشی
- ۱۱- مثال آموزشی

۱۲- مثال آموزشی

۱۳- تست مروری برق ۸۴

۱۴- تست مروری اتوماسیون ۸۵

۱۵- تست مروری برق ۹۲

۱۶- تست مروری اتوماسیون ۹۸

پارت سوم:

۱۷- پهنای باند و مفهوم فیزیکی آن

۱۸- ارتباط پهنای باند و پاسخ گذرا (بهمراه یک مثال)

۱۹- جبران ساز *Lead* یا پیشفاز

۲۰- نحوه بکارگیری جبران ساز *Lead*

۲۱- ماکزیمم فاز کنترل پیشفاز و فرکانس وقوع آن

جلسه ۴۴: طراحی کنترله (ادامه)

پارت اول:

۱- طراحی کامل یک کنترلر *Lead* بعنوان جبران ساز سیستم خورشیدیاب (*Sun-Seeker*) بهمراه تحلیل در *MATLAB*

۲- اثرات جبران سازی با استفاده از کنترلر *Lead*

۳- جبران ساز *Lead-Lead*

پارت دوم:

۴- جبران ساز *PD* یا تناسبی-مشتقی

۵- اثرات جبران سازی با استفاده از کنترلر *PD*

۶- یادآوری نکات مهمی در خصوص مشخصه های سیستمهای مرتبه دوم

۷- تست مروری برق ۹۲

۸- تست مروری برق ۹۸

پارت سوم:

۹- تست مروری برق ۹۳

۱۰- زاویه منحنی مکان ریشه ها در نقاط شکست

۱۱- تست مروری برق ۹۶

۱۲- تست مروری برق ۹۳

۱۳- تست مروری برق ۹۷

جلسه ۴۵: طراحی کنترولر (ادامه)

پارت اول:

- ۱- تست مروری برق ۹۵
- ۲- تست مروری برق ۹۳

پارت دوم:

- ۳- جبران‌ساز Lag یا پس‌فاز
- ۴- نحوه بکارگیری جبران‌ساز Lag
- ۵- مینیمم فاز کنترولر پس‌فاز و فرکانس وقوع آن
- ۶- طراحی کامل یک کنترولر Lag بعنوان جبران‌ساز سیستم خورشیدیاب ($Sun-Seeker$) به‌مراه تحلیل در $MATLAB$
- ۷- اثرات جبران‌سازی با استفاده از کنترولر Lag

پارت سوم:

- ۸- تست مروری برق ۹۶
- ۹- جبران‌ساز PI یا تناسبی-انتگرالی
- ۱۰- اثرات جبران‌سازی با استفاده از کنترولر PI
- ۱۱- تست مروری برق ۹۷
- ۱۲- تست مروری برق ۹۰

پارت چهارم:

- ۱۳- تست مروری برق ۹۴
- ۱۴- جبران‌ساز $Lag-Lead$
- ۱۵- جبران‌ساز PID
- ۱۶- تست مروری برق ۸۷

جلسه ۴۶: طراحی کنترولر (ادامه)

پارت اول:

- ۱- تست مروری برق ۸۹
- ۲- تست مروری برق ۹۸
- ۳- تست مروری دکترای ۹۸
- ۴- تست مروری برق ۹۵

پارت دوم:

- ۵- تست مروری برق ۹۰

۶- تست مروری برق ۹۴

۷- تست مروری اتوماسیون ۹۸

با آرزوی بہترینہا - خانہ برق (وبسایت رسمی استاد تقوی)