

«به نام خدا»

## رئوس مطالب قسمت دوم از کالج بالتمیهای کنترل خطی

(این فایل آخرین بار در تاریخ ۹۹/۰۸/۰۳ بروزرسانی 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 ...) بروزرسانی شود. لازم بذکر است استفاده از این بروزرسانیهای 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 ۱۸- منحنی مکان بندسی ریشه‌ها

- ۱- آشنایی با مفهوم منحنی مکان هندسی ریشه‌ها و برخی کاربردهای آن
- ۲- شهود استدلال ایوانز در رسم منحنی مکان هندسی ریشه‌ها

### جلسه ۱۹- منحنی مکان بندسی ریشه‌ها (ادامه)

#### پارت اول:

- ۱- استنباط ایوانز برای رسم منحنی  $RL$  در حالت فیدبک منفی
- ۲- شرط زاویه: بیان هر دو روش تحلیلی و ترسیمی (تست تألیفی)
- ۳- تست مروری مکانیک ۸۶
- ۴- شرط اندازه: بیان هر دو روش تحلیلی و ترسیمی
- ۵- تست مروری مکانیک ۸۸

#### پارت دوم:

- ۶- تست تألیفی
- ۷- استنباط ایوانز برای رسم منحنی  $RL$  در حالت فیدبک مثبت
- ۸- تاثیر علامت  $K$  در رسم منحنی  $RL$
- ۹- ترسیم منحنی  $RL$  یا  $IRL$ ؟
- ۱۰- شروع قواعد رسم منحنی  $RL$

- ۱۱- استاندارد نویسی تابع حلقه
- ۱۲- رسم نگاشت صفر-قطب
- ۱۳- تعیین تعداد شاخه‌های  $RL$
- ۱۴- تعیین موقعیت  $RL$  روی محور  $Re$
- ۱۵- تعیین تعداد، زاویه و محل تلاقی مجانبهای مکان
- ۱۶- مجانبهای سیستمهای سره

### جلسه ۲۰- منحنی مکان بندی ریشه (ادامه)

#### پارت اول:

- ۱- محاسبه نقاط شکست (بهمراه یک اثبات مهم)
- ۲- کلیه نکات تکمیلی مربوط به نقاط شکست

#### پارت دوم:

- ۳- مفهوم مرتبه نقطه شکست
- ۴- تعیین زوایای ورود و خروج
- ۵- تعیین محل تلاقی  $RL$  و محور موهومی (دو روش)

### جلسه ۲۱- منحنی مکان بندی ریشه (ادامه)

#### پارت اول:

- ۱- یک آرایش بسیار پرکاربرد
- ۲- تست مروری برق ۹۷
- ۳- تست مروری اتوماسیون ۸۷
- ۴- ارتباط و کاربرد جدول راث در رسم  $RL$
- ۵- تست مروری اتوماسیون ۸۹
- ۶- تست مروری اتوماسیون ۹۲
- ۷- تست مروری اتوماسیون ۹۱
- ۸- تست مروری برق ۹۸
- ۹- تست مروری برق ۹۹
- ۱۰- تست مروری اتوماسیون ۸۶

## پارت دوم:

- ۱۱- قواعد رسم منحنی  $IRL$  (CRL)
- ۱۲- مفهوم شهودی مکمل بودن  $RL$  و  $IRL$
- ۱۳- تست مروری برق ۹۶
- ۱۴- تست مروری اتوماسیون ۸۸
- ۱۵- تست مروری اتوماسیون ۹۷
- ۱۶- تست مروری برق ۹۸
- ۱۷- تست مروری برق ۹۹

## جلسہ ۲۲- منحنی مکان بندی ریشه (ادامہ)

## پارت اول:

- ۱- تست مروری اتوماسیون ۸۴
- ۲- تست تالیفی
- ۳- تست مروری اتوماسیون ۹۷
- ۴- حالت اول تقارن در منحنی مکان ریشه‌ها و نکات مربوطه (۹ مثال)
- ۵- حالت دوم تقارن در منحنی مکان ریشه‌ها و نکات مربوطه (۴ مثال)
- ۶- تست مروری برق ۹۰
- ۷- شهود عملی مکمل بودن  $RL$  و  $IRL$  (بهمراه اثبات و ۴ مثال تکمیلی)
- ۸- تست مروری دکترای ۹۸
- ۹- تست مروری برق ۹۴
- ۱۰- تست مروری اتوماسیون ۸۶

## پارت دوم:

- ۱۱- جهش در  $RL$  سیستمهای سره و مرور یک سری اشتباهات رایج (تست آموزشی اتوماسیون ۸۶)
- ۱۲- الگوریتم ترسیم منحنی کا-سیگما  $(K - \sigma)$  و کلیه نکات مربوطه
- ۱۳- تست مروری برق ۹۳
- ۱۴- خاصیت دافعه و جاذبه قطب و صفر در منحنی  $RL$

## جلسه ۲۳- منحنی مکان بندی ریشه (ادامه)

## پارت اول:

- ۱- تست مروری برق ۹۵
- ۲- تست مروری اتوماسیون ۸۵
- ۳- تست مروری دکترای ۹۸
- ۴- تست مروری اتوماسیون ۸۵
- ۵- تست مروری برق ۸۷ (و تحلیل جوابهای متعدد آن)
- ۶- تست مروری برق ۹۹
- ۷- شرط قابل مشاهده بودن نوسانات در پاسخ پله
- ۸- شرط بسط دادن مشخصه های سیستمهای مرتبه دوم به سیستمهای با مراتب بالاتر
- ۹- تست مروری برق ۹۱

## پارت دوم:

- ۱۰- تست مروری برق ۹۳
- ۱۱- نحوه محاسبه معادله دقیق هر یک از شاخه های  $RL$
- ۱۲- حل یک مثال تشریحی از نحوه رسم  $RL$  توسط نرم افزار  $MATLAB$
- ۱۳- تست مروری برق ۹۰
- ۱۴- تست مروری برق ۹۳
- ۱۵- تست مروری دکترای ۹۳
- ۱۶- تست مروری برق ۸۵

## جلسه ۲۴- منحنی مکان بندی ریشه (ادامه) + مدلسازی سیستمهای مکانیکی و الکتریکی

## پارت اول:

- ۱- تست مروری برق ۹۴
- ۲- آشنایی با سیستمهای مینیمم فاز و نامینیمم فاز
- ۳- تست مروری برق ۹۴
- ۴- تست مروری برق ۸۶
- ۵- حساسیت مکان ریشه ها نسبت به تغییرات پارامتر
- ۶- تست تألیفی

## پارت دوم:

- ۷- تست مروری برق ۹۵
- ۸- تست مروری برق ۹۹ (نکتہ تشخیص سریع  $min$  و  $Max$  حساسیت)
- ۹- تست مروری برق ۸۶
- ۱۰- تست مروری اتوماسیون ۹۳
- ۱۱- تست مروری برق ۸۸
- ۱۲- مرور نکتہ مجانب سیستمهای سره
- ۱۳- تست مروری برق ۸۴
- ۱۴- تست مروری برق ۸۷
- ۱۵- تست مروری برق ۹۸
- ۱۶- تست مروری هسته‌ای ۷۷

## پارت سوم:

- ۱۷- مدلسازی یک سیستم الکتریکی نمونه
- ۱۸- مدلسازی یک سیستم مکانیکی نمونه
- ۱۹- شهود عملی شباهت یا  $analogy$  میان سیستمهای مکانیکی و الکتریکی
- ۲۰- کمیتهای مکانیکی و الکتریکی مشابه (دیدگاه اول)

## جلسه ۲۵- مدلسازی سیستمهای مکانیکی و الکتریکی

## پارت اول:

- ۱- مدلسازی سیستمهای مکانیکی انتقالی
- ۲- تعریف جرم، دمپر و فنر ایده‌آل و روابط و نکات مربوطه
- ۳- تست تألیفی
- ۴- مروری بر انواع رژیم سیستمهای مرتبه دوم

## پارت دوم:

- ۵- تست مروری برق ۹۲
- ۶- تست مروری برق ۸۸
- ۷- تست تألیفی یک جرم و چند درجه آزادی
- ۸- دوالیتی سیستمهای مکانیکی انتقالی و چرخشی
- ۹- مدلسازی سیستمهای مکانیکی چرخشی
- ۱۰- گشتاور لختی، دمپر چرخشی و فنر چرخشی ایده‌آل و روابط و نکات مربوطه

## ۱۱- تست تالیفی

## پارت سوم:

- ۱۲- تشابہ ولتاژ-سرعت و نکات مربوطہ
- ۱۳- تشابہ ولتاژ-نیرو و نکات مربوطہ
- ۱۴- تعمیم مفهوم امیدانس به سیستمهای مکانیکی انتقالی و چرخشی
- ۱۵- مفهوم درجه آزادی و روش تعیین آن
- ۱۶- مدلسازی به روش نظری
- ۱۷- تست تالیفی سیستم با دو درجه آزادی (مقایسه روشهای مختلف مدلسازی و سرعت آنها)
- ۱۸- تست تالیفی سیستم با سه درجه آزادی

## جلد ۲۶- مدلسازی سیستمهای مکانیکی و الکتریکی (ادامه)

## پارت اول:

- ۱- تست مروری برق ۹۷
- ۲- تست مروری برق ۹۶
- ۳- تست مروری برق ۸۹
- ۴- تست مروری برق ۸۹
- ۵- تست مروری اتوماسیون ۸۵ و نکات مربوط به پایداری سیستمهای مکانیکی
- ۶- تست تالیفی

## پارت دوم:

- ۷- تست مروری برق ۸۳ (سیستم مکانیکی چرخشی)
- ۸- تست مروری برق ۹۸ (سیستم مکانیکی چرخشی)
- ۹- چرخندهها و روابط مربوط به آنها (بهمراه اثبات کامل روابط)
- ۱۰- مدلسازی چرخنده توسط ترانسفورماتور و نکات مربوطه
- ۱۱- تست تالیفی
- ۱۲- استفاده از چرخندهها در قالب گیربکس
- ۱۳- تست تالیفی

## پارت سوم:

- ۱۴- تست مروری برق ۹۴
- ۱۵- تست مروری برق ۹۵ و آموزش نحوه شمارش تعداد متغیرهای حالت
- ۱۶- اهرمها و روابط مربوط به آنها

۱۷- قرقره‌ها و روابط مربوط به آنها

۱۸- معادلسازی سیستمهای مکانیکی بصورت مدارات الکتریکی به روش سری

۱۹- تست تألیفی

۲۰- حل ۹ مثال نمونه از معادلسازی به روش سری

### جلسه ۲۷: مدلسازی سیستمهای مکانیکی و الکتریکی + دیاگرام های بودی

#### پارت اول:

۱- معادلسازی سیستمهای مکانیکی بصورت مدارات الکتریکی به روش موازی

۲- حل ۹ مثال نمونه از معادلسازی به روش موازی

۳- تست مروری برق ۹۹

۴- تست مروری اتوماسیون ۸۴ (به هر ۴ روش ممکن!)

#### پارت دوم:

۵- یک تذکر

#### پارت سوم:

۶- مقدمات فصل دیاگرامهای بودی

۷- آشنایی با مفهوم پاسخ فرکانسی و ارتباط آن با نمودارهای بود و نایکوئیست

۸- ارتباط پاسخ فرکانسی و پاسخ حالت دائمی سینوسی

۹- استثناهای استفاده از قضیه پاسخ فرکانسی به همراه یک تست تألیفی

۱۰- ارتباط پاسخ فرکانسی و پاسخ اجباری به ورودیهای سینوسی

۱۱- تست تألیفی از کاربرد عملی قضیه پاسخ فرکانسی

۱۲- تست مروری برق ۹۱

#### پارت چهارم:

۱۳- تعریف دسی بل و مفهوم کاربردی آن

۱۴- کاربرد نمایش محور عمودی بصورت لگاریتمی

۱۵- کاربرد نمایش محور افقی بصورت لگاریتمی

۱۶- مفهوم مقیاس بندی خطی و لگاریتمی (بهمراه پیاده سازی آن در عمل)

۱۷- تعریف *decade* و *octave* و شهود ارتباط آنها (به هر دو صورت فیزیکی و ریاضی)

۱۸- مبانی و مفاهیم اولیه ترسیم نمودارهای بودی (مزیت رسم توابع بصورت *log-log*، استانداردنویسی و ...)

۱۹- معرفی اولیه عوامل پایه نمودارهای بودی

## جلسه ۲۸: دیاگرام های بودی (ادامه)

## پارت اول:

- ۱- رسم هر دو نمودار اندازه و فاز بود برای یک تابع نمونه و آشنایی با قواعد کلی رسم دیاگرامهای بودی
- ۲- نمودارهای بودی عامل گین ثابت بهمراه مثال
- ۳- تأثیر عامل گین ثابت بر نمودارهای بودی هر تابع دلخواه
- ۴- تست تالیفی و شهود نحوه اثرگذاری عامل گین
- ۵- نمودارهای بودی عامل مشتقگیری بهمراه مثال

## پارت دوم:

- ۶- نمودارهای بودی عامل انتگرالگیری بهمراه مثال
- ۷- نمودارهای بودی عامل صفر ساده  $MP$  بهمراه مثال
- ۸- اثباتهای مربوط به عامل صفر ساده
- ۹- مثال  $MP$
- ۱۰- نمودارهای بودی عامل قطب ساده  $MP$  بهمراه مثال
- ۱۱- اثباتهای مربوط به عامل صفر ساده
- ۱۲- مثال: دیاگرامهای بودی قطب ساده  $NMP$
- ۱۳- تأثیر نامینیمم فازی بر دیاگرامهای بودی
- ۱۴- تست مروری برق ۹۸
- ۱۵- نمودارهای بودی صفر و قطب مکرر
- ۱۶- مثال دیاگرامهای بودی قطب مکرر  $NMP$
- ۱۷- تست مروری برق ۹۹

## پارت سوم:

- ۱۸- نمودارهای بودی عامل قطب مختلط  $MP$  بهمراه مثال
- ۱۹- مثال: دیاگرامهای بودی قطب مختلط
- ۲۰- اثباتهای مربوط به عامل قطب مختلط
- ۲۱- تأثیر  $K$  بر رفتار دیاگرامهای بودی قطب مختلط بهمراه نکات مربوطه (بهمراه انیمیشن آموزشی  $MATLAB$ )

## جلسه ۲۹: دیاگرام های بودی (ادامه)

## پارت اول:

- ۱- تست مروری برق ۹۷



- ۲- شہود مفهوم فیزیکی حالت خاص  $\zeta = 0$  در نمودارهای بودی + ارتباط آن با تشدید (بهمراه انیمشین آموزشی *MATLAB*)
- ۳- تعریف فرکانس رزونانس و قله رزونانس و کلیه نکات و مفاهیم فیزیکی مربوط به آن
- ۴- تحلیل نمودار  $M_r - \zeta$

## پارت دوم:

- ۵- تست مروری برق ۹۷
- ۶-  $M_r$  در مقابل  $M_p$
- ۷- نمودارهای بودی عامل صفر مختلط *MP* بهمراه مثال
- ۸- مثال: دیاگرامهای بودی صفر مختلط *NMP*
- ۹- اثباتهای مربوط به عامل صفر مختلط و آشنایی با مفهوم فیزیکی و کاربرد صفر مختلط

## پارت سوم:

- ۱۰- تأثیر  $\zeta$  بر رفتار دیاگرامهای بودی صفر مختلط بهمراه نکات مربوطه (بهمراه انیمشین آموزشی *MATLAB*)
- ۱۱- تست مروری دکترای ۹۸
- ۱۲- تست مروری برق ۹۱
- ۱۳- تست تألیفی
- ۱۴- نمودارهای بودی صفر و قطب مختلط مکرر
- ۱۵- تست تألیفی (فرکانس رزونانس و قله رزونانس عامل مکرر)
- ۱۶- محاسبه شیب و فاز *High Frequency* و نکات مربوطه
- ۱۷- مثال آموزشی
- ۱۸- اثبات فرمول زاویه *HF*
- ۱۹- اثبات فرمول شیب *HF*
- ۲۰- تست مروری برق ۹۰

## جلسه ۳۰: دیاگرامهای بودی (ادامه)

## پارت اول:

- ۱- تست مروری اتوماسیون ۹۷
- ۲- بررسی دو مثال بسیار مهم و مفهومی
- ۳- نکته محاسبه منحنی فاز از روی منحنی اندازه
- ۴- نکته محاسبه منحنی اندازه از روی منحنی فاز
- ۵- استنباط نامینیمم فازی از روی روابط شیب و فاز نهایی  $-20(n-m)$  و  $-90(n-m)$
- ۶- تست مروری اتوماسیون ۹۱

- ۷- روشهای تشخیص سیستمهای نامینیمم فاز
- ۸- تعبیر ریاضی و شهودی نامینیمم فازی عامل تاخیر

#### پارت دوم:

- ۹- وجه تسمیه سیستمهای نامینیمم فاز
- ۱۰- تمرین
- ۱۱- تست مروری برق ۸۴
- ۱۲- تکنیک محاسبه گین  $LF$
- ۱۳- نکته شیب ثابت روی منحنی های فاز
- ۱۴- تکنیک محاسبه فاز  $LF$
- ۱۵- تست تألیفی
- ۱۶- شرایط نزولی بودن منحنی فاز
- ۱۷- تست تألیفی
- ۱۸- تست تألیفی

#### پارت سوم:

- ۱۹- تست مروری برق ۸۶
- ۲۰- روابط شیب در مقیاسهای مختلف
- ۲۱- تکنیک محاسبه اندازه در فرکانس خاص
- ۲۲- تست مروری برق ۸۴
- ۲۳- تست مروری اتوماسیون ۸۸

### جلد ۳۱: دیاگرام های بودی (ادامه)

#### پارت اول:

- ۱- نمودارهای بودی و ثابت خطای موقعیت (بهمراه اثباتها)
- ۲- نمودارهای بودی و ثابت خطای سرعت (بهمراه اثباتها)
- ۳- نمودارهای بودی و ثابت خطای شتاب (بهمراه اثباتها)
- ۴- تست مروری اتوماسیون ۸۶
- ۵- تست مروری برق ۸۹
- ۶- تست مروری اتوماسیون ۸۸
- ۷- تست مروری اتوماسیون ۹۸
- ۸- تکنیک محاسبه سریع اندازه در هر فرکانس دلخواه (تعمیم تکنیک محاسبه اندازه در فرکانس خاص)

۹- تست مروری برق ۹۶

پارت دوم:

۱۰- منحنی فاز عوامل خاص (بهمراه اثباتهای کوتاه و سریع)

۱۱- تست مروری برق ۹۳

۱۲- تست مروری برق ۹۵

۱۳- تست مروری برق ۸۶ (تمرین رسم سریع منحنیهای بودی عوامل خاص)

پارت سوم:

۱۴- خطای عوامل مختلط در فرکانس گوشه‌ای

۱۵- منحنی اندازه عوامل خاص (بهمراه اثباتهای کوتاه و سریع)

۱۶- نکات مربوط به نمودارهای اندازه در حالت *abs* (بهمراه انیمیشنهای آموزش در *MATLAB*)

۱۷- شهود مفهوم فیزیکی اثر تشدیدکنندگی قطب در هر دو حوزه زمان و فرکانس (بهمراه انیمیشنهای آموزشی در *MATLAB*)

۱۸- شهود مفهوم فیزیکی اثر تضعیف‌کنندگی صفر در هر دو حوزه زمان و فرکانس (بهمراه انیمیشنهای آموزشی در *MATLAB*)

جلسه ۳۲: ویاگرامهای بودی

پارت اول:

۱- بررسی رفتار قطب و صفر مختلط در فرکانسهای خاص و مهم

۲- تست تألیفی

۳- تست آموزشی برق ۹۴ (معرفی تکنیک تخمین تابع حلقه از روی نمودارهای بودی)

پارت دوم:

۴- تست مروری برق ۹۲ (کاربرد تکنیک تخمین تابع حلقه از روی نمودارهای بودی)

۵- تست مروری برق ۷۸

۶- نمودارهای بودی عامل تاخیر

۷- نمودارهای بودی *APF*

۸- تست مروری برق ۸۱

۹- تست تألیفی

۱۰- تست مروری اتوماسیون ۹۷

با آرزوی بهترینها - خانز برق (وبسایت رسمی استاد قنوی)