

« به نام خدا »

« تحلیل موضوعی سؤالات کنترل خطی گنکور ارشد برق سال ۹۹ »

این تحلیل، موارد ذیل را پوشش می دهد:

- ۱- شماره پکیجی که تست از مباحث موجود در آن مطرح شده بود.
- ۲- میزان سختی سؤالات (چهار ستاره = دشوارترین تست)
- ۳- گزینه صحیح تست ها
- ۴- اشتباهات احتمالی موجود در تست ها و نحوه اعتراض به آنها (که با نماد ⚠ مشخص شده اند)
- ۵- برخی نکات خاص و جالب مربوط به هر تست (که با نماد 📌 مشخص شده اند)
- ۶- نظر کلی بنده نسبت به سؤالات آزمون

⚠ چند تذکر مهم ⚠

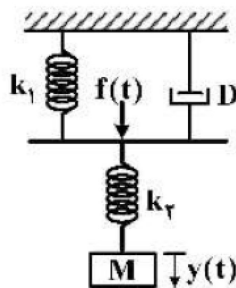
- ۱- با توجه به ماهیت ترکیبی تست ها، شماره پکیج نوشته شده در کنار هر تست عموماً نشاندهنده پکیجی است که نکته اصلی تست در آن وجود داشته است (به بیان دیگر، چنانچه در حل یک تست از نکات یا ایده های موجود در سایر پکیجها نیز استفاده شده باشد، برای حفظ اختصار، در این گزارش به شماره سایر پکیجها اشاره ای نکرده ایم).
- ۲- گرچه کوشیده ام تشابهات موجود بین تست های امسال و جزوات کلاسی را تا جائیکه ذهنم یاری میکرد ذکر کنم، ولی بهرحال قطعاً مواردی نیز از قلم افتاده است (چنانچه متوجه تشابهات دیگری نیز شدید، حتی الامکان آنها را از طریق ایمیل mtaghavi@mtaghavi.ir به بنده منتقل کنید).
- ۳- این تحلیل صرفاً یک گزارش اولیه است و همانند سایر کنکورها، حل حرفه ای و ویدیویی کامل تست های امسال نیز به همراه ریز نکات مربوطه و ... بزودی به پکیج های مالتیمدیا اضافه خواهد شد. طبق قوانین خانه برق، استفاده از این ویدیوهای جدید تا دو سال برای دانشجویان رایگان است.
- ۴- ملاک میزان دشواری هر تست، فیدبکهای دریافتی از دانشجویان عزیزی است که از پکیجهای مالتیمدیا بنده استفاده کرده اند و لذا ممکن است در مورد عموم صادق نباشد.

ارزیابی کلی سؤالات کنترل خطی ۹۹:

۱. چپش موضوعی سؤالات بسیار عالی بود و از کلیه فصول (البته بر اساس فصل بندی بنده) حداقل يك تست مستقیماً مطرح شده بود.
۲. درصد تستهای یک ستاره تا چهار ستاره به ترتیب از راست به چپ: ۴۲٪ < ۲۵٪ < ۲۵٪ < ۸٪ بود که آزمون نسبتاً ساده بنظر میرسد است و میتواند بخوبی بین داوطلبان عزیز تمایز ایجاد کند.
۳. نکات لازم جهت پاسخگویی به تمامی تستها بطور کامل در پکیج های مالتیمدیا پوشش داده شده بود و حتی حداقل ۴ تست عیناً در کلاسها مورد بررسی قرار گرفته بود.
۴. همانند سال ۹۸ که توزیع تستها کاملاً یکنواخت بود، امسال نیز توزیع تستها تقریباً یکنواخت بود و حدود ۲۵٪ تستها از پکیج یک؛ ۴۲٪ تستها از پکیج دو، و ۳۳٪ تستها از پکیج سه مطرح شده بود (با احتساب ترکیبی بودن تستها).
۵. در این آزمون تنها یک سؤال دارای اشکال اساسی بود که البته آن اشکال هم در صورت تغییر کلید نهایی، قابل اغماض است.

۹۱- ** در سیستم زیر، نیروی $f(t)$ ورودی و $y(t)$ خروجی است. به ازای چه مقدار k_1 ، خروجی $y(t)$ با اعمال ورودی

ضربه واحد، پس از گذشت مدت زمانی صفر خواهد شد؟ k^* ، یک بهره ثابت است. $M = k_2 = D = 1$



$$k_1 > k^* \quad (1)$$

$$k_1 < k^* \quad (2)$$

$$k_1 = 2\sqrt{D} \quad (3)$$

$$k_1 > 0 \quad (4)$$

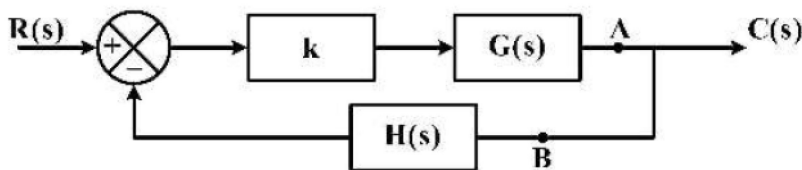
گزینه ۴ صحیح است. ✓

نکته اصلی مربوط به این تست در پکیج ۲ جلسه ۲۶ ویدیوی ۱ مورد بحث قرار گرفته بود.

با توجه به نکات گفته شده در کلاس، این تست حداقل به ۲ روش قابل حل بود.

حل این تست بدون لمس قلم! و صرفاً با (عیناً) قابل انجام بود؛ مشروط برآنکه نکته پایداری (که در تست ۹۲ مطرح کرده بودم) را بخاطر داشتید.

۹۲- * بهره k را چطور انتخاب کنیم تا اثر اغتشاش وارد در نقطه A و نقطه B، حداقل شود؟



(۱) A: کاهش k ، B: افزایش k

(۲) A: افزایش k ، B: کاهش k

(۳) A: کاهش k ، B: کاهش k

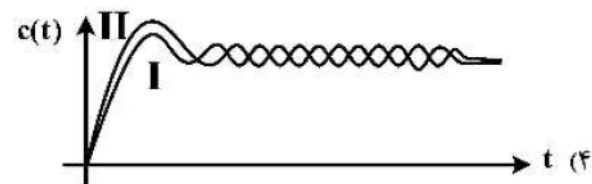
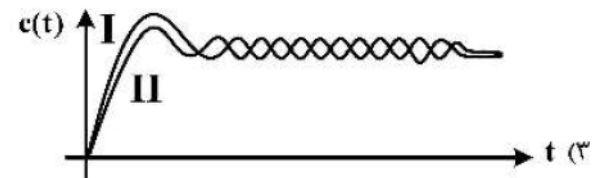
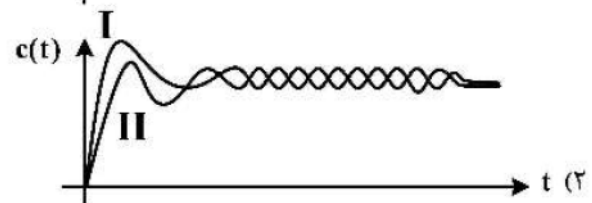
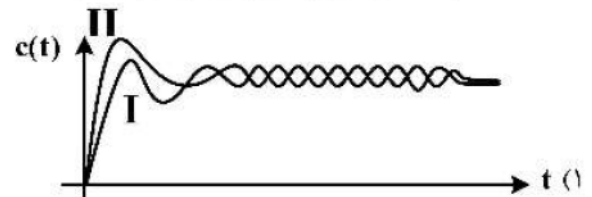
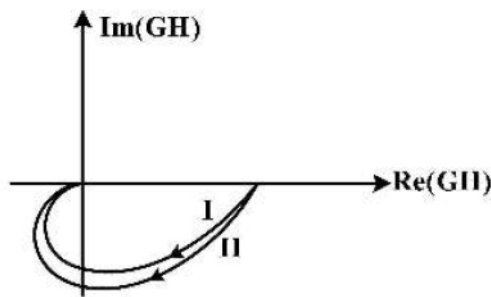
(۴) A: افزایش k ، B: افزایش k

گزینه ۲ صحیح است. ✓

تستی مشابه با این تست عیناً در پکیج ۱ جلسه ۶ ویدیوی ۲ مورد بحث قرار گرفته بود.

این تست عیناً در آزمون کارشناسی ارشد سال ۷۰ نیز مطرح شده بود (رجوع کنید به کتاب کنترول فصل ۱ تست ۴)

* ۹۳- نمودار قطبی دو سیستم مرتبه دو در زیر رسم شده است. در صورتی که این دو سیستم فرکانس طبیعی یکسانی داشته باشند، پاسخ پله این دو سیستم، کدام است؟



گزینه ۱ صحیح است (گرچه این تست دارای ۲ خطای بسیار ظریف است، از آنجائیکه این خطاها حل تست را مختل نمی کند، اعتراضی نیز به آنها وارد نخواهد بود).

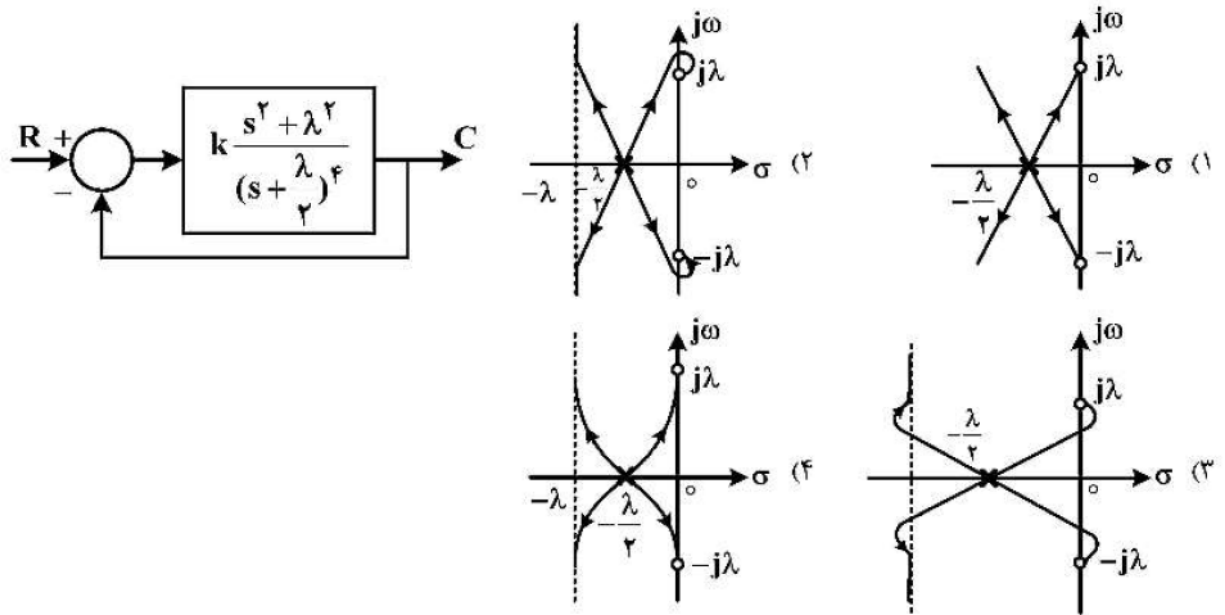
این تست عیناً در پکیج ۳ جلسه ۳۳ ویدیوی ۳ مورد بحث قرار گرفته بود و حتی در آن ویدیو پارامترهای t_r و t_s نیز بحث کرده بودیم.

خطاهای بسیار ظریف (و قابل اغماض) موجود در این تست:

۱. دقت ترسیم پاسخ پله ترسیم شده در گزینه ۱ کافی نیست.

۲. مقصود طراح از عبارت "فرکانس طبیعی" در صورت سؤال، "فرکانس نوسانات طبیعی" بوده که اشتهاً بصورت "فرکانس طبیعی" درج شده است.

۹۴- نمودار مکان هندسی ریشه‌ها برای سیستم زیر به‌زای $k > 0$ و $\lambda > 0$ ، کدام است؟ **



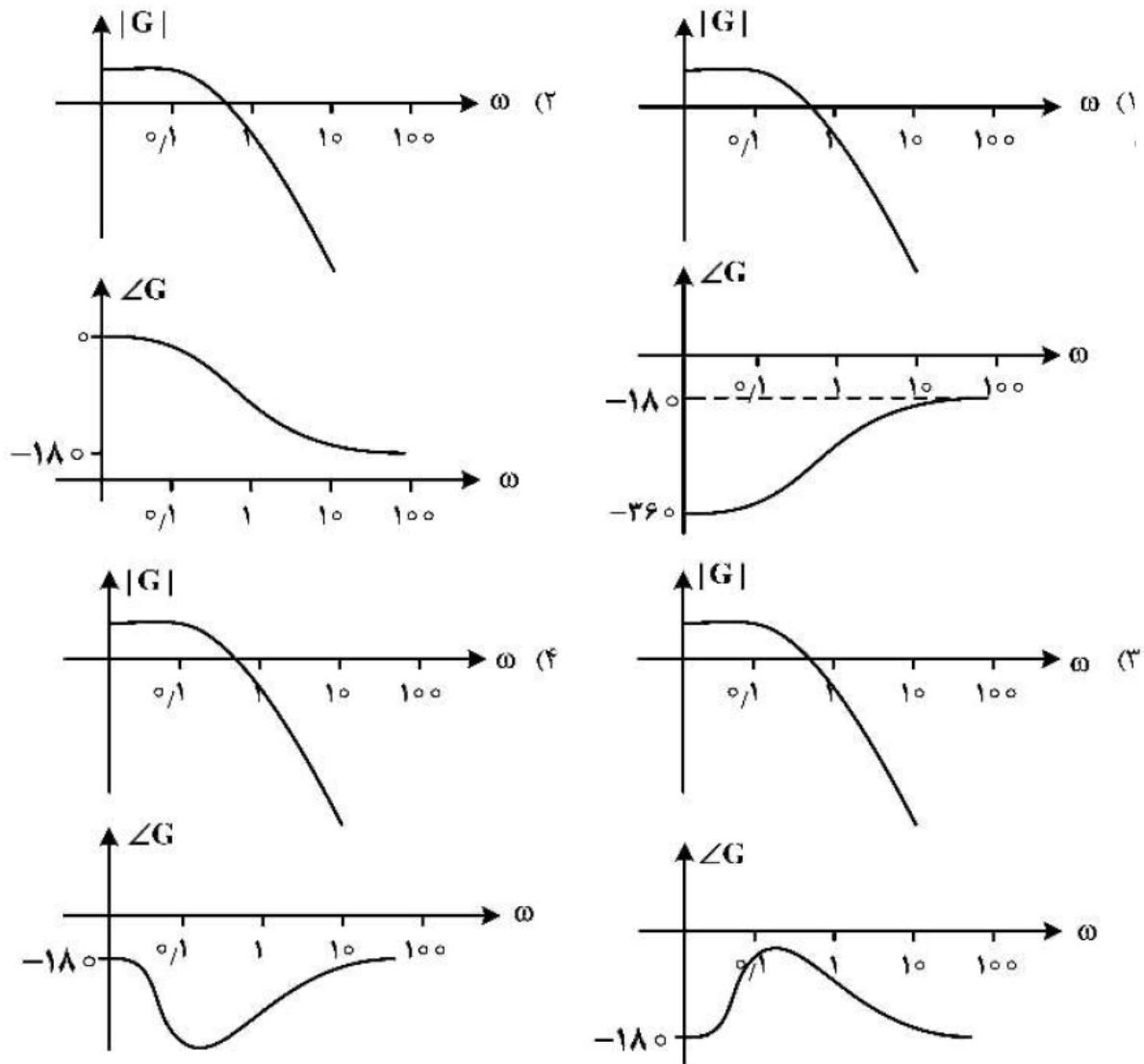
گزینه ۳ صحیح است. ✓

ایده بکار رفته در این تست **بارها و به اشکال مختلف** در ویدیوهای متفاوتی از پکیج ۲ **جلسه ۲۱** مورد بحث قرار گرفته بود.

با توجه به نکات گفته شده در کلاس، این تست **حداقل به ۲ روش** قابل حل بود.



* ۹۵- دیاگرام بودی سیستم با تابع تبدیل $G(s) = \frac{2}{s^2 - 3s - 1}$ ، کدام است؟



گزینه ۴ صحیح است. ✓

ایده بکار رفته در این تست **بارها و به اشکال مختلف** در ویدیوهای متفاوتی از **پکیج ۲** بخصوص در **جلسه ۲۸** و **ویدیوی ۲** مورد بحث قرار گرفته بود.

اگر نکته "شعور! نمودارهای بودی" رو بلد بودید، حل این تست در **کمتر از ۱۰ ثانیه** امکانپذیر بود!

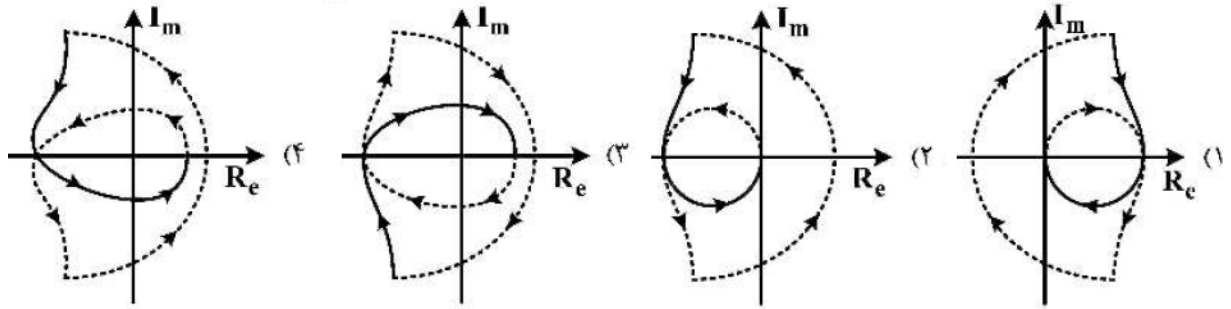
نمودار فاز گزینه ۴ باید بصورت **کاملاً متقارن** رسم میشد ولی در حال حاضر **دقت رسم آن پائین** است (البته این موضوع خللی در حل تست ایجاد نمی کند).

*** ۹۶- یک سیستم کنترل با تابع تبدیل مسیر پیشروی $G(s)$ و فیدبک واحد منفی را در نظر بگیرید که در آن تابع

$G(s)$ حداقل تعداد صفر و قطب حقیقی را داشته باشد. می‌دانیم $g(s^+) = K$ که $g(t)$ پاسخ ضربه $G(s)$

است. همچنین خطای مانای سیستم حلقه بسته به ورودی شتاب $(\frac{1}{2}t^2)$ صفر است. کدام گزینه نمودار

نایکوئیست این سیستم را نشان می‌دهد؟



⚠️ **گزینه ۲ صحیح است** (گرچه پاسخگویی به این تست به روش **ردگزینه** ممکن بود ولی براساس استدلالهای زیر این تست **واقعاً دارای اشکال علمی** است).

این تست **دقیقاً** از روی تست **دکترای ۹۸** که **پیش از برگزاری کنکور در پکیج ۳** و **جلسه ۳۶** و **ویدیوی ۱** حل کرده بودیم طراحی شده بود ولی متأسفانه **بدلیل بی دقتی گرافیکست**، نمودار آن نادرست ترسیم شده بود و همین موضوع بسیاری از داوطلبان (بهخصوص داوطلبان قوی) را سردرگم کرده بود.

🖨️ **نحوه ثبت اعتراض:**

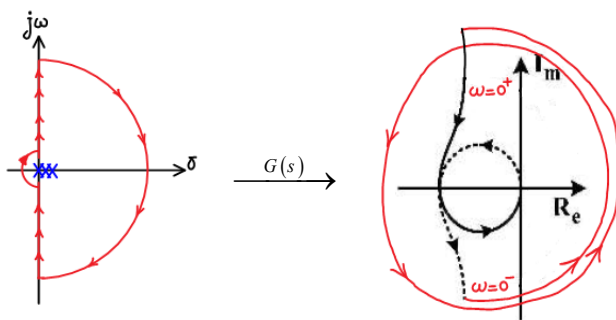
فرض صفر بودن خطای حالت ماندگار نسبت به ورودی شتاب، گویای این حقیقت است که $G(s)$ سیستمی از Type یا همان نوع ۳ بوده و به بیان دیگر دارای عامل $\frac{1}{s^3}$

(۳ قطب در مبدأ) می‌باشد. بنابراین بدیهیست فارغ از اینکه این ۳ قطب را از منحنی D ، include یا exclude کنیم، **انتظار می‌رود که در نمودار نایکوئیست، ۳**

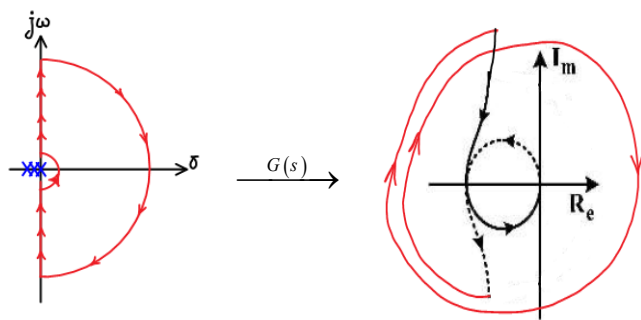
نیمدایره عظیمه (حاصل از نگاشت دیتور حول ۳ قطب واقع در $s = 0$) مشاهده شود. حال آنکه این موضوع در هیچ یک از گزینه‌ها رعایت نشده است و به بیان ساده‌تر

در هیچ یک از گزینه‌ها، **یک دایره عظیمه کامل مشاهده نمی‌شود**. شکل زیر نمودار نایکوئیست تابع مد نظر طراح محترم این تست را (که ضابطه‌ای مثلاً به فرمت

$$G(s) = \frac{(s+1)^2}{s^3} \text{ دارد، در هر دو حالت include و exclude به تصویر می‌کشد:}$$



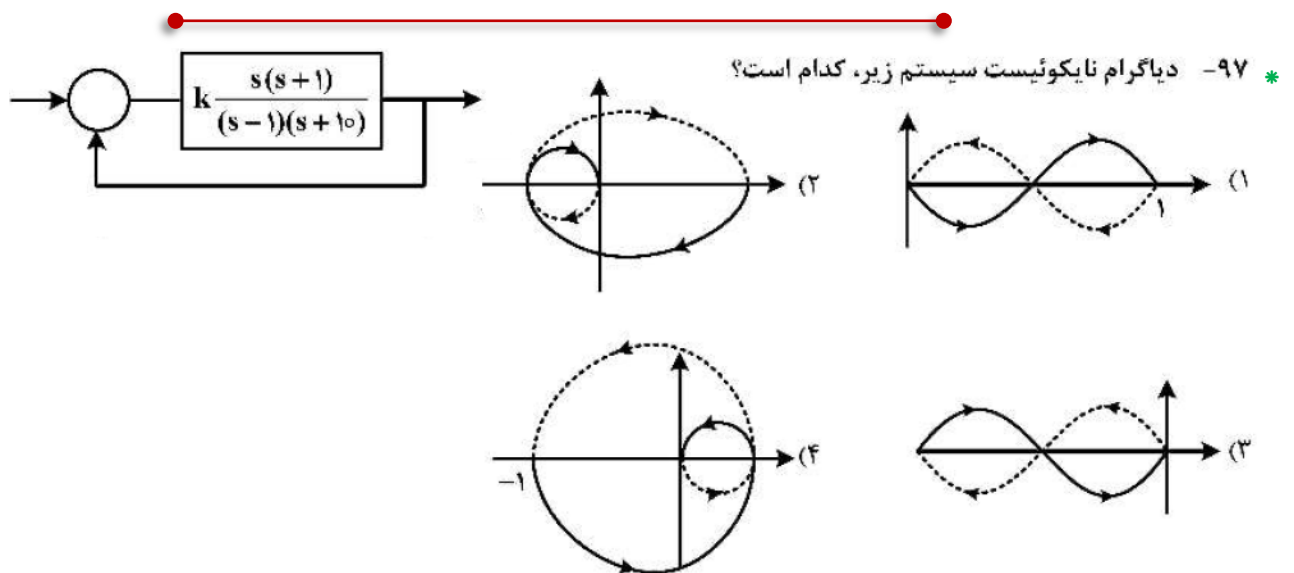
حالت include: گزینه ۲ تنها در صورتی صحیح بود که بشکل مقابل رسم می‌شد.



حالت exclude:

همانطور که مشاهده می کنیم، در گزینه ۲ نمودار نایکوئیست بصورت ناقص و بدون در نظر گرفتن دو تا از نیمدایره های عظیمه ترسیم شده که بوضوح گویای وجود اشکال علمی در تست می باشد؛ اشکالی که حداقل بحث تحلیل پایداری به روش نایکوئیست را با اشکال مواجه می کند.

توجه با نکته بسیار حائز اهمیت است که این استدلال که وظیفه تکمیل نمودار نایکوئیست بعهده خود داوطلبان بوده بهیچوجه قابل قبول نیست چرا که براساس خواسته سؤال، قرار است گزینه ۲، نمودار کاملاً صحیح حاکم بر $G(s)$ را به تصویر بکشد.



گزینه ۱ صحیح است. ✓

ایده بکار رفته در این تست بارها و به اشکال مختلف در ویدیوهای متفاوتی از پکیج ۳ فصل نایکوئیست مورد بحث قرار گرفته بود (مثلاً مراجعه کنید به:

پکیج ۳ جلسه ۳۵ ویدیوی ۱).

با توجه به نکات گفته شده در کلاس، این تست حداقل به ۴! روش قابل حل بود.

**** ۹۸- یک سیستم فیدبک واحد منفی با تابع تبدیل حلقه باز $G(s) = \frac{1}{(s-3)(s+2)}$ را در نظر بگیرید. کنترول کننده

مناسب برای پایدارسازی سیستم حلقه بسته و خطای حالت دائم به ورودی پله $e_{ss} = 0.01$ ، کدام است؟

$$C(s) = k \frac{s+4}{s+4.5} \quad (1)$$

$$C(s) = k \frac{s-3}{s+4} \quad (2)$$

$$C(s) = k \frac{s+4}{s+6} \quad (3)$$

$$C(s) = k \frac{s+4}{s+5.1} \quad (4)$$

⚠ گزینه ۳ و ۴ صحیح است.

این تست **دقیقاً و عیناً** همان نکته بینهایت ظریف تست **ارشد ۹۷** که پیش از برگزاری کنکور در **پکیج ۳** جلسه **۳۹** ویدیوی **۳** روی آن تأکید کرده بودم را مورد پرسش قرار داده بود ولی بدلیل **بی دقتی طراح در طراحی گزینه ۴**، دارای دو گزینه صحیح شد و متأسفانه همین موضوع بسیاری از داوطلبان را سردرگم کرد...

اگر تعداد اعتراض کافی نسبت به این تست ثبت شود، شاید کلید نهایی آن تصحیح شود.

روش اول ثبت اعتراض:

اگر در زمان کوتاه کنکور به **اشکال تایی** موجود در صورت سؤال پی ببریم و متوجه شویم که طراح محترم تست، بجای $e_{ss} = 0.01$ ، بدنبال برآورده شدن $|e_{ss}| = 0.01$ بوده است، آنگاه:

- گزینه ۱ نمیتواند پاسخ تست باشد زیرا سیستم جبران سازی شده توسط این گزینه بازای کلیه مقادیر $k \in \mathbb{R}$ **ناپایدار** است.
- گزینه ۲ نمیتواند پاسخ تست باشد زیرا سیستم جبران سازی شده توسط این گزینه دچار **ناپایداری داخلی** خواهد شد.
- گزینه ۳ میتواند** پاسخ تست باشد زیرا گرچه حصول به $e_{ss} = +0.01$ ناممکن بوده و منجر به بروز ناپایداری در سیستم می شود، با این حال، بازای $k = 909$ میتوان به خطای منفی $e_{ss} = -0.01$ رسید.
- گزینه ۴ میتواند** پاسخ تست باشد زیرا گرچه حصول به $e_{ss} = +0.01$ ناممکن بوده و منجر به بروز ناپایداری در سیستم می شود، با این حال، بازای $k = \frac{15453}{20} = 772.65$ میتوان به خطای منفی $e_{ss} = -0.01$ رسید.

بنابراین از آنجائیکه **اولاً** پی بردن به خطای تایی فوق در زمان کوتاه کنکور ناممکن بوده و **ثانیاً** حتی در صورت پی بردن به اشکال تایی، تست دارای ۲ گزینه صحیح (یعنی گزینه های ۳ و ۴) بوده و **ثالثاً** محاسبات مورد نیاز برای پاسخگویی به تست نیز بعضاً نامتعارف بوده اند، لذا متصفانه تر بنظر میرسد که این تست حداقل با تأثیر مثبت حذف شود.

روش دوم ثبت اعتراض:

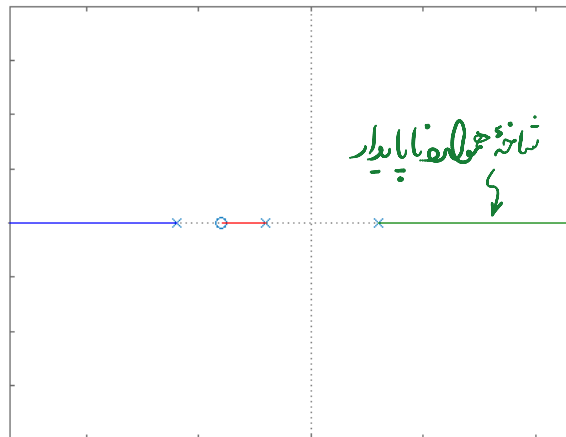
بدیهست گزینه ۲ بدلیل ایجاد **ناپایداری داخلی** (ناشی از حذف صفر و قطب RHP) نمیتواند پاسخ تست باشد و به سرعت حذف میشود. بنابراین براساس گزینه های باقیمانده، خواهیم داشت:

$$e_{ss} = \frac{1}{1+K_p} = \frac{1}{1+\lim_{s \rightarrow 0} CG(s)} = \frac{1}{1+\lim_{s \rightarrow 0} \left(k \frac{s+4}{s+b} \times \frac{1}{(s-3)(s+2)} \right)} \Rightarrow e_{ss} = \frac{3b}{3b-2k}$$

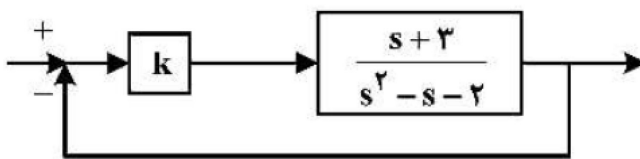
حال برای رسیدن به خطای $ess = +0.01$ ، کافیت بصورت زیر عمل شود:

$$\frac{3b}{3b-2k} = +\frac{1}{100} \Rightarrow 300b = 3b - 2k \Rightarrow k = \frac{-297}{2}b$$

بنابراین همانطور که مشاهده می‌کنیم، فارغ از اینکه b کدامیک از سه مقدار: $4/5$ یا 6 یا $5/1$ را اختیار کنید، پارامتر k همواره مقداری منفی بدست می‌آید؛ حال آنکه بکمک منحنی مکان ریشه‌ها بسادگی میتوان نشان داد که بازای این k های منفی (که قواعد رسم IRL حاکم است)، هر ۳ گزینه باقیمانده منجر به ناپایداری سیستم حلقه بسته میشوند و لذا گزینه ۳ نمیتواند بعنوان پاسخ این تست انتخاب شود:



۹۹- سیستم زیر را در نظر بگیرید. به ازای چه مقادیری از k سیستم در پاسخ به ورودی پله، دارای پاسخ نوسانی است؟



- ۱) $k = 13/3$
 ۲) $k > 13/3$
 ۳) $1 < k < 13/3$
 ۴) $k > 1$

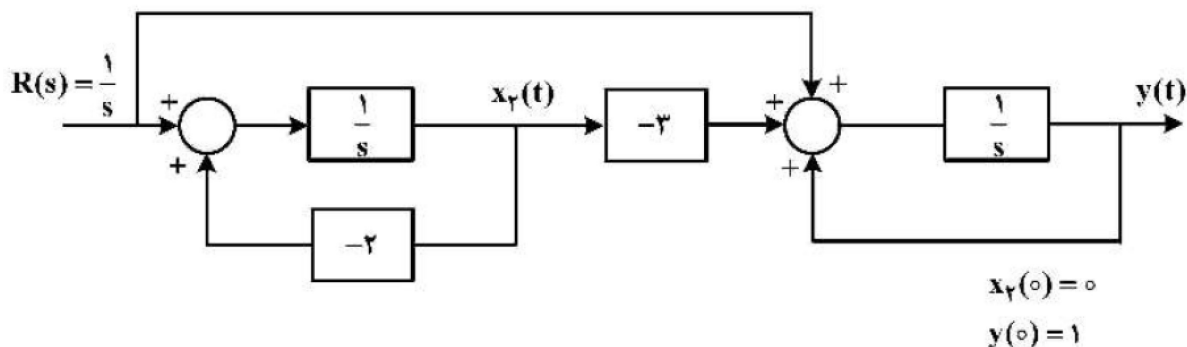
گزینه ۳ صحیح است. ✓

تست مشابه با این تست (یعنی تست ارشد ۹۱) در پکیج ۲ جلسه ۲۳ ویدیوی ۱ مورد بحث قرار گرفته بود (البته تست سال ۹۱ به مراتب سختتر از این تست بود).

گرچه ادبیات فنی این تست دارای اشکال بود و طراح محترم باید بجای عبارت "پاسخ نوسانی" از عبارت "پاسخ نوسانی میرا" استفاده میکرد، اما این موضوع باعث حذف تست نمی‌شود.

حل این تست در زمانی کمتر از ۲۰ ثانیه قابل انجام بود.

*** ۱۰- مقدار حالت دائم خروجی (y_{ss}) برای سیستم زیر، کدام است؟



(۴)

(۳)

(۲)

(۱)

✓ گزینه ۴ صحیح است.

این تست **عیناً** در پکیج ۱ جلسه ۱۵ ویدیوی ۲ مورد بحث قرار گرفته بود و اگر کسی فقط یکبار با دقت آن ویدیو رو دیده بود با تست رو میزد (چون داخل فیلم، کلیسسی! در مورد بینهایت شدن y و اثباتهاش و ... صحبت کرده بودیم).

همونطور که در ویدیوی بالا پیش بینی کرده بودم که ممکنه چنین سؤالی مطرح بشه، **سالهای بعد هم ممکنه که از سایر نکات این ویدیو تست بیاد!**

گزینه نادرست ۲ برای دانشجویان و مدرسین کنکوری در نظر گرفته شده که هنوز مفاهیم اساسی کنترول را کامل نیاموخته اند!

این تست هیچ ربطی به بحث فضای حالت نداره! (فضای حالت سالهاست که از درس کنترول خطی حذف شده و به درس کنترول مدرن منتقل شده)

شاید سؤال سالهای بعد این باشه: بازای چه مقدار $x_2(0)$ خروجی $y(t)$ کراندار خواهد شد؟ (اصلاً شدنیه؟!)

*** ۱۰- سیستم زیر را در نظر بگیرید:

$$G(s) = \frac{k}{s(s+2)(s+4)}$$

در حوالی کدام نقطه، کمترین تغییرات قطبها حاصل می شود؟

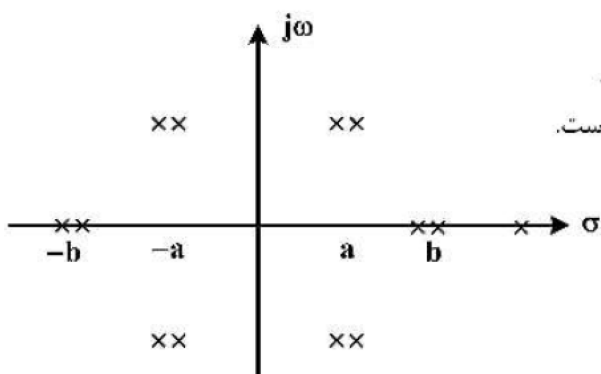
(۱) $s = -3$ (۲) $s = -2/2$ (۳) $s = -1$ (۴) $s = -3/25$

✓ گزینه ۲ صحیح است.

تست مشابه با این تست (یعنی تست ارشد ۹۵) در پکیج ۲ جلسه ۲۴ ویدیوی ۲ مورد بحث قرار گرفته بود (البته تست سال ۹۵ کمی سختتر از این تست بود).

با توجه به نکات گفته شده در کلاس، این تست **حداقل به ۳ روش** قابل حل بود.

۱۰۲- در صورتی که محل ریشه‌های معادله مشخصه مطابق شکل زیر باشد، در ارائه راث چه رخ می‌دهد؟ **



(۱) بین دو سطر صفر سه تغییر علامت وجود دارد.

(۲) بعد از اولین سطر صفر هفت تغییر علامت وجود دارد.

(۳) دارای یک سطر صفر و چهار تغییر علامت بعد از آن است.

(۴) سه سطر صفر دارد.

⚠ گزینه ۱ صحیح است

کلیه نکات لازم برای پاسخگویی به این تست، به همراه مثالهای متعدد، در پکیج ۱ جلسه ۱۳ ویدیوی ۲ مورد بحث قرار گرفته بود.

با آرزوی بهترینها - خانه برق (وبسایت رسمی استاد تقوی)