



# اصول کنترل غیر خطی

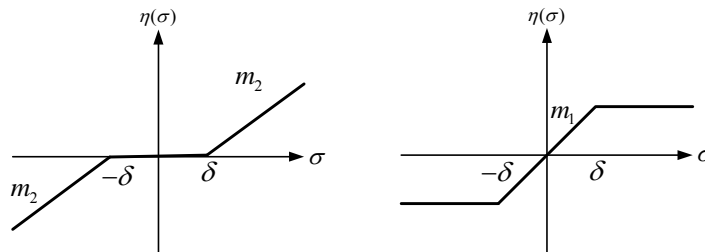
## تمرین سری چهارم

مدرس: حیرانی نوبری

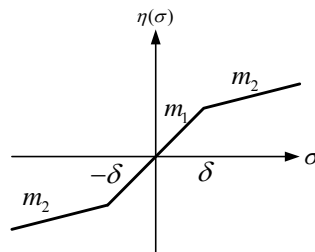
موعد تحویل: چهارشنبه ۱۳۹۰/۳/۴

تمرین های شماره ۱، ۴، ۶ و ۹ برای موعد مقرر تحویل داده شود

۱- الف. تابع توصیفی المان های غیرخطی زیر را بدست آورید.



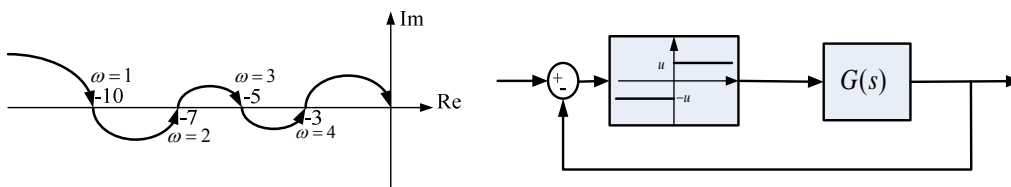
ب. با استفاده از نتایج بدست آمده، تابع توصیفی المان زیر را بدست آورید.



ج. پارامترهای المان ها را همگی یک در نظر گرفته و تابع توصیفی را برای آنها رسم کنید.

د. با استفاده از تعریف بهره مانند که در کلاس درس ذکر شد برای تمامی المان های بالا بهره مانند را بدست آورده و رسم کنید، نتایج را با بند ج مقایسه کنید.

۲- در مدل حلقه بسته زیر نمایش قطبی  $G(s)$  نیز داده شده است. مشخصات سیکل های حدی ممکن را ارائه کرده و در مورد پایداری و ناپایداری آنها استدلال کنید.



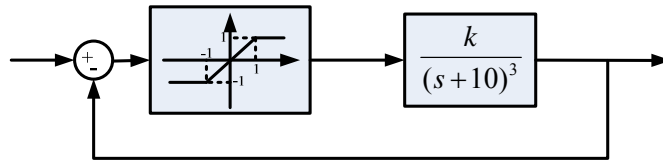
۳- در حلقه کنترلی زیر ورودی مرجع صفر است.

الف-  $k$  را طوری تعیین کنید که امکان بوجود آمدن سیکل حدی باشد.

ب-  $k$  را طوری تعیین کنید که دامنه نوسان 1 باشد.

ج- فرکانس نوسان را بدست آورید. آیا به  $k$  بستگی دارد؟

د- پایداری و یا ناپایداری این سیکل حدی را بکمک مکان هندسی یا نایکوئیست تعیین کنید.

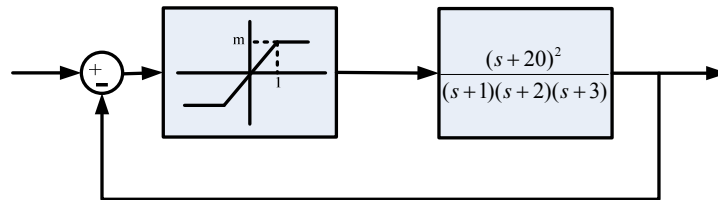


۴- سیستم حلقه بسته و داده های زیر را در نظر بگیرید. الف- بگویید شیب  $m$  حداقل چقدر باید باشد تا امکان ایجاد سیکل

حدی بوجود آید؟ ب- با فرض  $m = 4$  فرکانس و دامنه سیکلهای حدی ممکنه را بدست آورید. ج- پایداری و ناپایداری

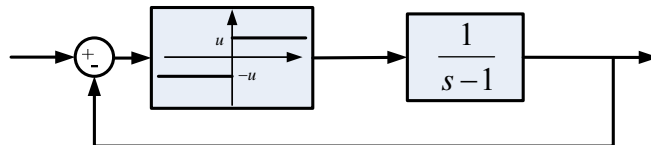
هر یک را با استدلال تعیین کنید. د- در یک شکل کیفی مناسب و با در نظر گرفتن فقط دو متغیر حالت، هر یک از

سیکلهای حدی را نمایش داده و مسیرهای حالت را حول آنها بطور کیفی حدس بزنید.



۵- الف) با توجه به معیار دایره، استدلال کنید که تحت چه شرایطی سامانه بازخوردار زیر پایدار خواهد بود؟ ب) هنگامیکه

پایداری داریم این پایداری آیا مجانبی، نمایی و یا فراگیر است؟ استدلال کنید.



۶- الگوی حلقه بسته و داده های زیر را در نظر بگیرید. الف) رابطه ای بین  $m$ ،  $\delta_1$  و  $\delta_2$  ارائه دهید که در صورت تحقق آن،

سیکل حدی بوجود می آید؟ ب) استدلال کنید که رابطه تقریبی  $m \frac{\delta_2 - \delta_1}{\delta_2} > \frac{1}{2.18}$  نیز قابل استفاده است و با الهام از

همین روش تقریبی، منحنی تقریبی تابع توصیفی عنصر غیرخطی را رسم و با آنچه در الف بدست آوردید، بوسیله Matlab

مقایسه کنید. ج) تحت شرط بالا، بگویید از وجود چند سیکل حدی مطمئن خواهید بود و چه شرطی (تقریبی) باید برقرار

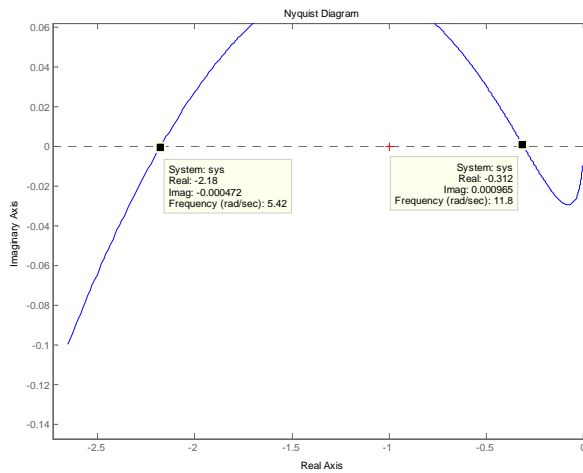
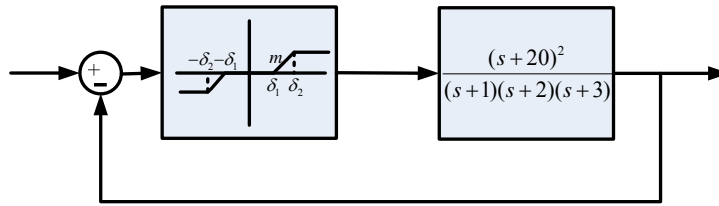
باشد تا تعداد آنها بیشتر گردد. د) تحت شرایطی که بیشترین تعداد سیکل حدی ممکن بوجود می آید، در مورد فرکانس،

پایداری و دامنه (تقریبی) هر یک، اظهار نظر فرمایید. برای دامنه، از همان روش تقریبی در ب الهام شده، استفاده کنید. ه)

شکلی کیفی از تصویر مسیر حالت در صفحه فاز خروجی (صفحه خروجی و سرعتش) رسم نمایید و در هر یک از سیکل های

حدی دامنه ورودی به الگوی خطی را نیز حدس بزنید. ی) فرض کنید ورودی مرجع را یک موج مربعی با دوره باندازه کافی

بزرگ گرفته باشیم که مثلاً پاسخ پله را بررسی کنیم. با توجه به آنچه در بندهای بالا درباره رفتار دریافته‌اید، تحلیل کنید که با افزایش دامنه پله‌ها رفتار چگونه تغییر خواهد نمود؟



۷- تابع توصیفی سیستم زیر را بدست آورید. آیا پاسخ به فرکانس وابسته است؟

$$\dot{x} = x^3 + u$$

۸- آیا سیستم زیر می‌تواند نوسان کند؟ دامنه و فرکانس نوسان را بدست آورید.

$$\ddot{x} + \varepsilon \left( \frac{1}{3} \dot{x}^2 - 1 \right) \dot{x} + x = 0$$

۹- معادله واندرپل به صورت زیر است:

$$\ddot{x} + \alpha(x^2 - 1)\dot{x} + x = 0$$

اگر الفایک ثابت مثبت باشد، آیا این سیستم می‌تواند نوسان کند؟ دامنه و فرکانس نوسان را تعیین کنید.