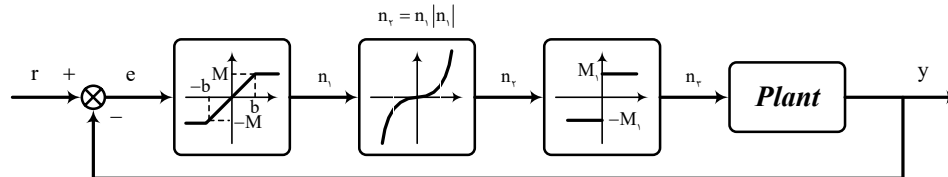


**سوال شماره یک (بررسی وجود و پایداری سیکل حدی در پاسخ سیستم مدار بسته غیرخطی)**

دیاگرام جعبه‌ای یک سیستم کنترل غیرخطی مدار بسته مطابق شکل (۱-۱) را در نظر بگیرید که شامل تعدادی المان غیرخطی می‌باشد.



**شکل ۱-۱.** سیستم دینامیکی خطی با تعدادی المان غیرخطی که تشکیل یک سیستم مدار بسته غیرخطی را می‌دهند.

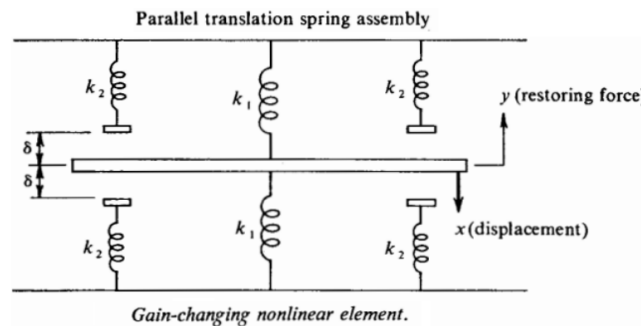
**الف:** قصد داریم با کمک روش تابع توصیفی، **وجود self-sustaining oscillations** (یا سیکل حدی) و **پایداری** آن را بررسی کنیم. آیا امکان پذیر است؟ (پاسخ حتماً با استدلال مناسب همراه باشد)

**ب:** اگر پاسخ شما به قسمت قبل مثبت است، دامنه، فرکانس و پریود نوسانات سیکل حدی حاصله را محاسبه نمایید؟ (فرض کنید تابع تبدیل

$$\text{قسمت خطی به صورت } G(s) = \frac{1}{s(s+1)(s+2)} \text{ باشد}$$

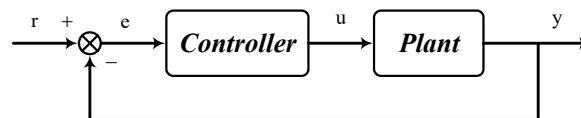
**سوال شماره دو (بررسی وجود و پایداری سیکل حدی در پاسخ سیستم مدار بسته غیرخطی)**

یک مدل مرسوم از کنترلرهای غیرخطی به صورت شکل (۱-۲) را در نظر بگیرید.



**شکل ۱-۲.** یک مدل مرسوم از کنترلرهای غیرخطی.

فرض کنید که این المان غیرخطی را به عنوان کنترلر در بخش غیرخطی دیاگرام جعبه‌ای مدار بسته شکل (۲-۲) به کار ببریم.



**شکل ۲-۲.** سیستم کنترل مدار بسته با **plant** خطی و المان کنترلر غیرخطی.

$$\begin{cases} \dot{x} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & -1 & -2 \end{bmatrix} x + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} u \\ y = [8 \ 0 \ 0]x \end{cases}$$

و معادلات حالت *plant* به صورت مقابل است:

**الف:** با کمک روش تابع توصیفی، وجود سیکل حدی در پاسخ ماندگار سیستم شکل (۲-۲) را بررسی نمایید؟

**ب:** پایداری سیکل (یا سیکل‌های) حدی حاصله را بررسی کنید؟

**پ:** مشخصات سیکل (یا سیکل‌های) حدی حاصله (دامنه، فرکانس و پریود نوسانات) را محاسبه کنید؟

### سوال شماره سه (خواص تابع توصیفی)

**الف:** نشان دهید که همه المان‌های کنترلر غیرخطی استاتیکی و فرد  $f(\cdot)$  که در رابطه زیر صدق می‌کنند:

$$\forall x > 0 \Rightarrow \begin{cases} f'(x) > 0 \\ f''(x) > 0 \end{cases}$$

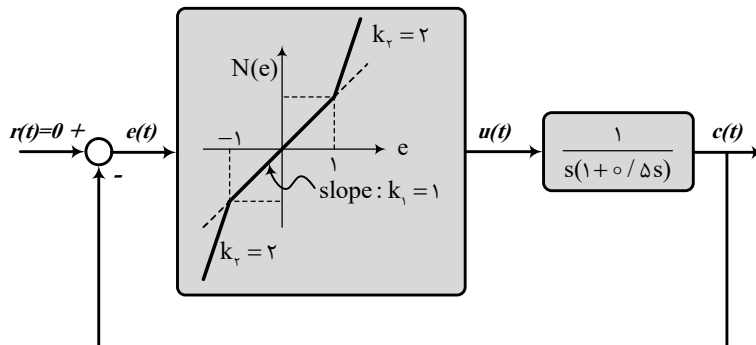
دارای یک تابع توصیفی حقیقی  $N(a)$  می‌باشند که داریم:  $a > 0$  و  $N(a) < \frac{f(a)}{a}$ .

**ب:** فرض کنید که عامل غیرخطی استاتیکی  $f(x)$  دارای تابع توصیفی  $N_f(a)$  باشد. نشان دهید که تابع توصیفی برای عامل غیرخطی جدید

$$g(x) = kf\left(\frac{x}{k}\right) \text{ برابر } N_g(a) = N_f\left(\frac{a}{k}\right) \text{ است؟ (} k \text{ یک پارامتر ثابت مثبت است)}$$

### سوال شماره چهار (تابع توصیفی المان غیرخطی و مسیر حرکت برای یک سیستم غیرخطی)

دیاگرام جعبه‌ای یک سیستم کنترل غیرخطی مطابق شکل (۴-۱) نشان داده شده است.



شکل ۴-۱. سیستم کنترل مدار بسته با *plant* خطی و المان کنترلر غیرخطی.

**الف:** با استفاده از روش خطی‌سازی مقطعی کالمن (*kalman piecewise linearization*), مسیر حرکت سیستم را در صفحه-فاز ترسیم کنید؟ و در مورد پایداری سیستم بحث نمایید؟

**ب:** تابع توصیفی (*describing function*) المان کنترلر غیرخطی را به دست آورده و در مورد وجود و پایداری سیکل حدی بحث کنید؟

**پ:** نتایج دو قسمت (الف) و (ب) را با هم مقایسه کنید؟

- مهلت تحویل تمرین سری ۴، تا روز امتحان میان ترم ۲۹ فروردین ۱۳۹۸ است
- لطفاً پاسخ تمرین ها را در باکس شماره ۲۶ جنب اداره آموزش دانشکده مکانیک بیندازید.
- در صورتی که نیاز به راهنمایی برای حل هر کدام از سوال ها دارید، می توانید به اینجانب مراجعه کنید
- دانشکده مهندسی مکانیک - طبقه اول - رو به روی کتابخانه - آزمایشگاه کنترل و رباتیک
- قبلاً هماهنگ کنید. *Telegram\_id: @Hamid\_rahmani20*
- لطفاً تمرین ها را به صورت انفرادی حل کنید تمرین های دانشجویان مشابه هم نباشد
- ایمیل درس کنترل غیرخطی: hamid.rahmani20@gmail.com

موفق باشید