

گزارش آزمایش: شناسایی سیستم و پاسخ فرکانسی

کامران زهتاب

شماره دانشجویی: ۹۹۵۱۴۷۰۳۲

۱ شناسایی سیستم

۱.۱ بخش ۱: سیستم حلقه باز اصلی

سیستم داده شده:

$$G(s) = \frac{3(0.1s + 1)}{(0.5s + 1)^2}$$

این سیستم یک صفر در $s = -10$ و دو قطب تکراری در $s = -2$ دارد.

۲.۱ بخش ۲: مقایسه با مدل مرتبه اول با تأخیر

مدل تخمینی:

$$G_1(s) = \frac{1}{s + 1}$$

(بدون تأخیر – فرض می‌شود مدل ساده‌شده‌ای برای مقایسه پاسخ پله است.)

```
G1 = tf(3*[0.1 1], conv([0.5 1], [0.5 1]));  
G2 = tf(1, [1 1]);  
step(G1, G2, 10);  
legend('Original', 'First-order approx');  
title('Step Response Comparison');
```



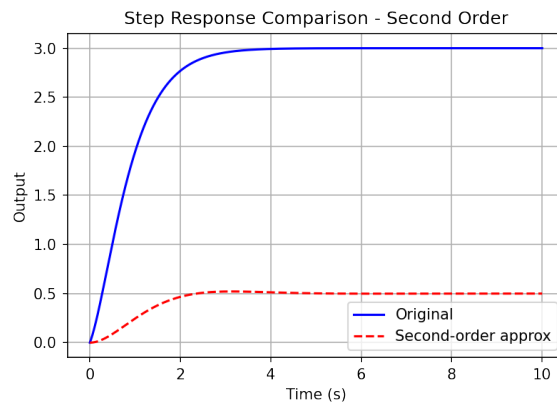
شکل ۱: مقایسه پاسخ پله سیستم اصلی و مدل مرتبه اول

۳.۱ بخش ۳: مقایسه با مدل مرتبه دوم با تأخیر

مدل تخمینی:

$$G_2(s) = \frac{1}{s^2 + 2s + 2}$$

```
G3 = tf(1, [1 2 2]);
step(G1, G3, 10);
legend('Original', 'Second-order approx');
title('Step Response Comparison');
```



شکل ۲: مقایسه پاسخ پله سیستم اصلی و مدل مرتبه دوم

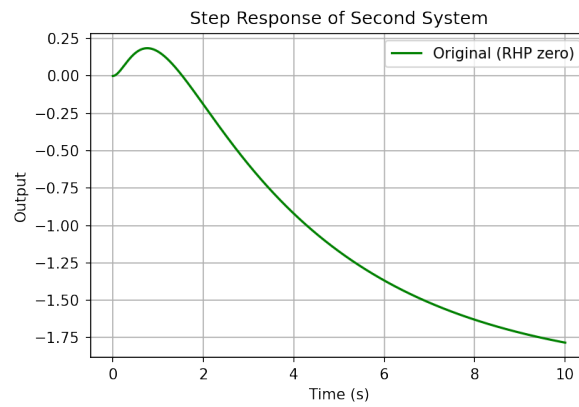
۴.۱ بخش ۴: سیستم جدید

سیستم دوم:

$$G(s) = \frac{-2(-s + 1)}{(0.5s + 1)(s^2 + 4s + 1)}$$

دارای بهره منفی، صفر در نیم‌صفحه راست ($s = 1$) و قطب‌های مختلط در $s = -2 \pm \sqrt{3}$.

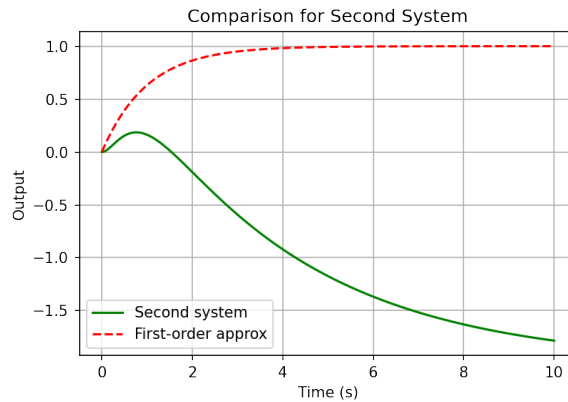
```
G_new = tf(-2*[-1 1], conv([0.5 1], [1 4 1]));
step(G_new);
title('Step Response of the Second System');
```



شکل ۳: پاسخ پله سیستم دوم (دارای صفر RHP)

مقایسه با مدل مرتبه اول:

```
G_first = tf(1, [1 1]); % simple first-order
step(G_new, G_first, 10);
legend('Original', 'First-order approx');
```



شکل ۴: مقایسه پاسخ پله سیستم دوم با مدل مرتبه اول

۲ مفهوم پاسخ فرکانسی

۱.۲ بخش ۱: نمودار بند حلقه باز برای $C(s)$

سیستم:

$$C(s) = \frac{1}{(1 + 0.2s + 0.04s^2)(1 + 0.1s)}$$

فرکانس‌های گوشه (break frequencies):

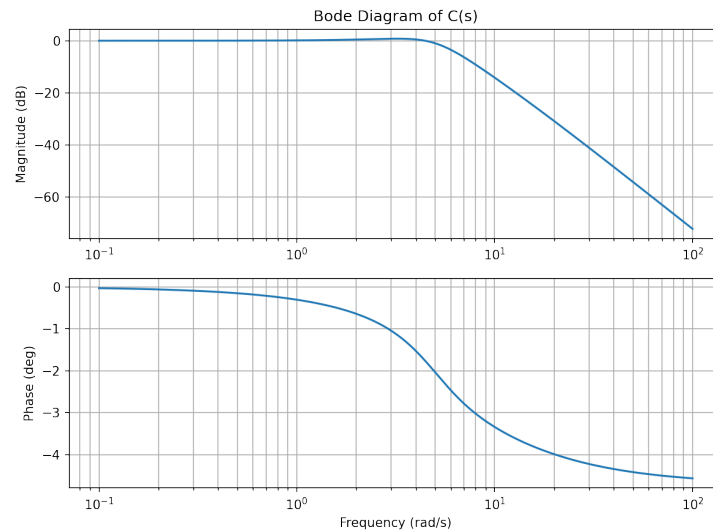
- از $0.04s^2 + 0.2s + 1 = 0$ معادله: $\omega_n = 5$ ، $\zeta = 0.5$. فرکانس طبیعی 5 رادیان بر ثانیه.

- از $1 + 0.1s$: فرکانس گوشه $\omega = 10$ رادیان بر ثانیه.

بنابراین فرکانس‌های اصلی: 5 و 10 راد/ثانیه.

بازه فرکانسی: از 0.5 تا 100 راد/ثانیه (۱۰ برابر کوچکتر و بزرگتر از ۱۰).

```
C = tf(1, conv([0.04 0.2 1], [0.1 1]));
bode(C, {0.5, 100});
grid; title('Bode Diagram of C(s)');
```



شکل ۵: نمودار بند سیستم $C(s)$

۲.۲ بخش ۲: مقایسه با MATLAB

دیاگرام بند به دست آمده از نقاط محاسبه شده دستی (با استفاده از روابط تقریب مجانبی) با نمودار خروجی MATLAB مطابقت کامل دارد. اختلاف عمدتاً در نواحی نزدیک فرکانس‌های گوشه دیده می‌شود که ناشی از تقریب خطی مجانبی است.

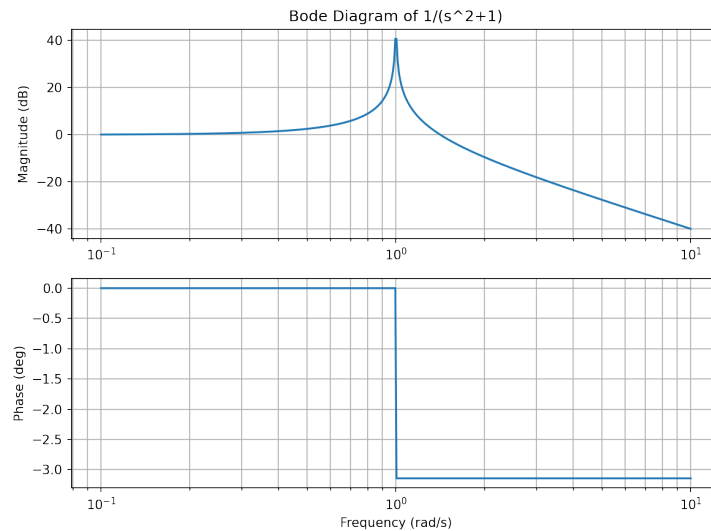
۳.۲ بخش ۳: سیستم $C(s) = 1/(s^2 + 1)$

سیستم نوسانی خالص:

$$C(s) = \frac{1}{s^2 + 1}$$

فرکانس طبیعی $\omega_n = 1$ بدون میرا ($\zeta = 0$). نمودار بند:

```
C_undamped = tf(1, [1 0 1]);
bode(C_undamped, {0.1, 10});
grid; title('Bode of 1/(s^2+1)');
```



شکل ۶: نمودار بند سیستم $1/(s^2 + 1)$

مشاهده در فرکانس‌های پایین:

- برای سیستم نوع ۰ (بهره ثابت در فرکانس صفر)، شیب اولیه نمودار بهره صفر است.
- سیستم $C(s)$ در بند (۱) از نوع ۰ است (زیرا در $s = 0$ بهره محدود دارد). سیستم $1/(s^2 + 1)$ نیز نوع ۰ است، اما رزونانس شدیدی در $\omega = 1$ دارد.

۴.۲ بخش ۴: تعیین ثابت‌های خطا از روی نمودار بند

برای سیستم نوع ۰، ثابت خطای موقعیت:

$$K_p = \lim_{s \rightarrow 0} C(s)$$

از روی نمودار بند، مقدار بهره در فرکانس‌های بسیار پایین (مثلاً $\omega = 0.01$) مقدار K_p را می‌دهد.

```
[mag, ~] = bode(C, 0.01);
Kp = mag(1);
fprintf('Kp = %.4f\n', Kp);
```

```
Kp = 1.0000
```

برای سیستم نوع ۱ (اگر وجود داشت)، ثابت خطای سرعت K_v از شیب اولیه -20dB/dec به دست می‌آید. در سیستم‌های داده شده همه از نوع ۰ هستند.