



به نام خدا

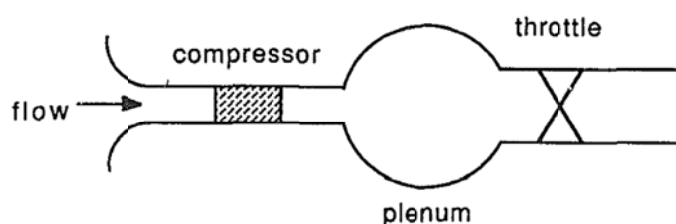
دانشگاه صنعتی شریف - دانشکده برق

گروه کنترل - کنترل دیجیتال

شبیه‌سازی دوم

ارائه ۹۹/۸/۲۵ برگشت ۹۹/۹/۹

سیستم کمپرسور جریان محوری<sup>۱</sup> را مطابق شکل زیر در نظر بگیرید.



شکل ۱. شماتیک سیستم کمپرسور جریان محوری [1].

با در نظر گرفتن تخمین تک مد برای دینامیک کمپرسور محوری، معادلات حالت آن به صورت زیر بیان می‌گردد [2].

$$\begin{cases} \dot{R} = R(-2\phi - \phi^2 - R), R(t) > 0 \\ \dot{\phi} = -\psi - \frac{3}{2}\phi + \frac{1}{2} - \frac{1}{2}(\phi + 1)^3 - 3(\phi + 1)R \\ \dot{\psi} = \phi + 1 - u \end{cases} \quad (1)$$

متغیرهای سیستم (۱) به صورت زیر تعریف می‌شوند و ورودی کنترلی  $u$  جریان داخل دریچه را مشخص می‌کند.

$\phi$	انحراف دبی جرمی <sup>۲</sup> از مقدار مطلوب
$\psi$	انحراف فشار افزایشی <sup>۳</sup> از مقدار مطلوب
$R$	بزرگی مد واماندگی اولیه <sup>۴</sup>

بزرگی مد واماندگی اولیه، به عنوان خروجی سیستم ( $y = R$ ) در نظر گرفته می‌شود. رابطه ورودی-خروجی در حالت ماندگار (مشتقات در رابطه‌ی (۱) صفر فرض می‌شوند و متغیرهای  $\phi$  و  $\psi$  از معادلات حذف می‌گردند) به صورت رابطه‌ی (۲) بدست می‌آید.

$$y_e = 1 - u_e^2, y_e = R_e > 0 \quad (2)$$

شکل ۲ نمودار خروجی به ورودی سیستم کمپرسور جریان محوری در حالت ماندگار را نمایش می‌دهد. نقاط کار زیر را در بگیرید:

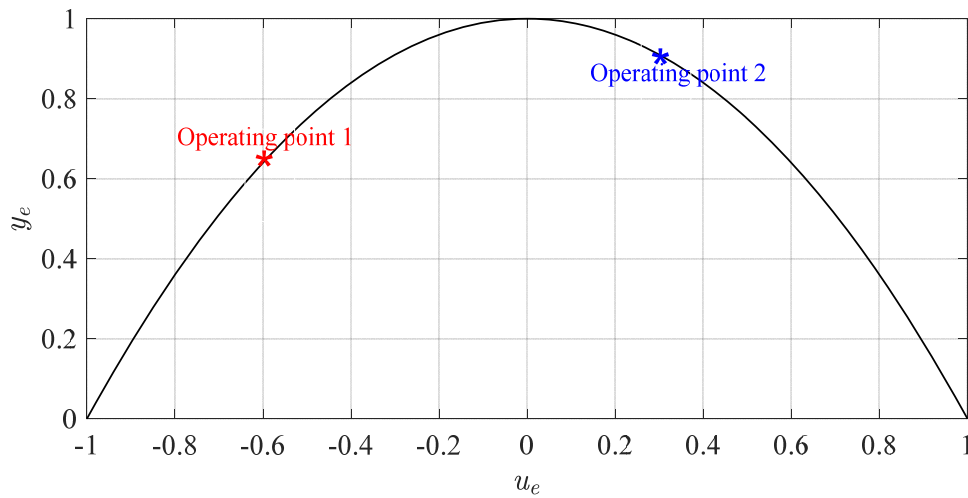
<sup>1</sup> Axial flow compressor

<sup>2</sup> Mass flow

<sup>3</sup> Pressure rise

<sup>4</sup> First stall mode

$$\text{Operating point 1: } \begin{cases} u_1 = -0.6 \\ R_1 = 0.64 \\ \phi_1 = -1.6 \\ \psi_1 = 4.16 \end{cases} \text{ and Operating point 2: } \begin{cases} u_2 = 0.3 \\ R_2 = 0.91 \\ \phi_2 = -0.7 \\ \psi_2 = 0.7175 \end{cases}$$



شکل ۲. نمودار خروجی به ورودی حالت ماندگار سیستم.

کارهایی که باید انجام شود

۱- با توجه به شبیه‌سازی اول زمان نمونه‌برداری ( $T_s$ ) مناسب برای گسسته‌سازی معادلات حالت پیوسته سیستم را انتخاب کنید.

۲- با استفاده از روش اویلر برای تقریب مشتق ( $\dot{x}(t) = \frac{x(t+T_s) - x(t)}{T_s}$ ) معادل گسسته معادلات حالت پیوسته را تعیین کنید.

۳- معادلات حالت بدست آمده در مرحله ۲ را حول نقطه کار تعیین شده در شبیه‌سازی اول، خطی کنید.

۴- معادلات حالت خطی شده در شبیه‌سازی اول را با استفاده از ZOH گسسته کنید.

**حال دو مدل پیوسته (غیرخطی و خطی) و دو مدل گسسته (غیرخطی و خطی) داریم**

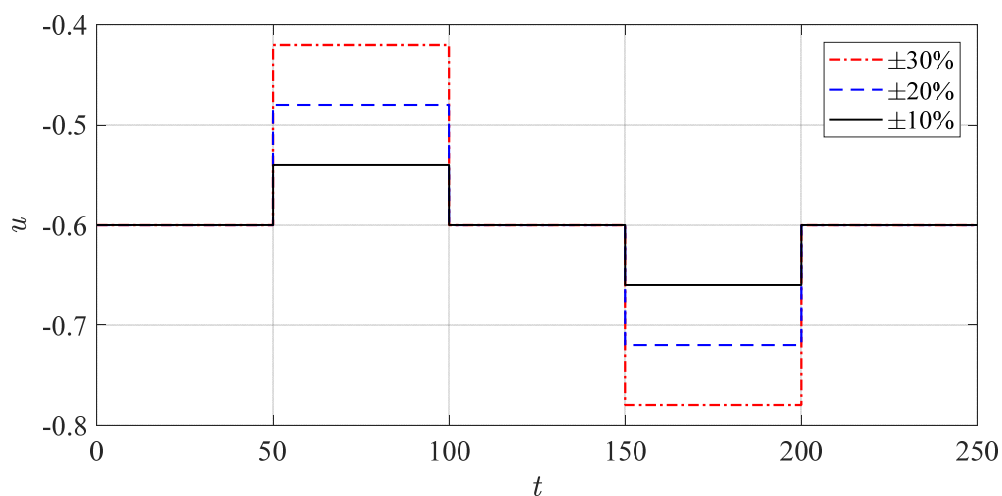
۵- ورودی به فرم شکل ۳ (موج مربعی با سه دامنه مختلف برای تغییرات) را به سیستم پیوسته و گسسته غیرخطی اعمال نمایید و پاسخ‌های آنها را در یک شکل رسم کنید.

۶- ورودی به فرم شکل ۳ و ۴ (موج مربعی با سه دامنه مختلف برای تغییرات البته با حذف مقدار نقطه کار) را به سیستم پیوسته و گسسته خطی اعمال نمایید و پاسخ‌های آنها را در یک شکل رسم کنید.

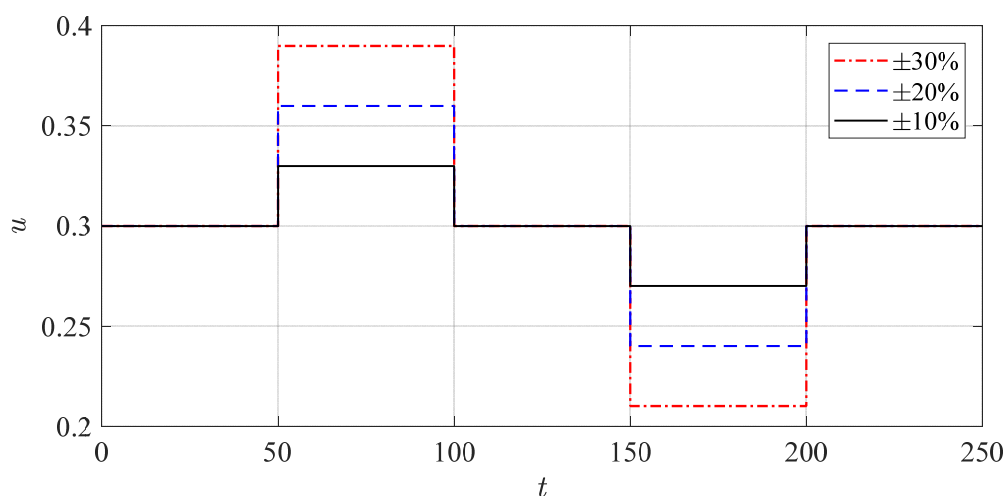
۷- در مورد اختلاف پاسخ‌ها در دو حالت و ارتباط آن با دامنه تغییرات ورودی و زمان نمونه‌برداری ( $0.1T_s, 0.5T_s, 0.9T_s, T_s, 1.1T_s, 2T_s, 10T_s$ ) توضیح دهید.

۸- تابع تبدیل مدل خطی پیوسته و مدل خطی گسسته را محاسبه کنید.

۹- دیاگرام بود این دو تابع تبدیل را به ازای چند زمان نمونه برداری  $(0.1T_s, 0.5T_s, 0.9T_s, T_s)$ ،  $(1.1T_s, 2T_s, 10T_s)$  رسم کرده با هم مقایسه کنید. نتایج خود را توضیح دهید.



شکل ۳. شکل موج مربوط به ورودی سیستم برای نقطه کار اول.



شکل ۴. شکل موج مربوط به ورودی سیستم برای نقطه کار دوم.

- [1]. F.E. Mc Caughan, "Application of bifurcation theory to axial flow compressor instability," *J. Turbomachinery Trans ASME*, vol. 111, pp. 426-433, October 1989.
- [2]. T. Liu, Z. Jiang and D.J. Hill, "Nonlinear Control of Dynamic Networks," *CRC Press*, Ed. 1, pp. 39-40, 2014.

متشکرم  
موفق باشید.