به نام خدا

مدلسازی و تحلیل ارتعاشات غیرخطی لوله حاوی جریان سیال

نسخه: ۱/۰

توسعه دهنده :	حمید ظفری: کارشناسی ارشد، مهندسی مکانیک	
تهیه کننده مستند:	حمید ظفری	
تاریخ تنظیم سند:	۱۵ / ۷/ ۹۳	

فهرست مطالب

فهرست اشکال

فهرست جداول

چکیده

مسئله لوله حاوی جریان سیال از حدود سال ۱۹۵۰ به منظور تحلیل ارتعاشات خطوط انتقال نفت بطـور جـدی مورد بررسی قرار گرفت. علی‌رغم اینکه این سیستم از لحاظ ساختاری سیستمی سـاده اسـت امـا از نظـر رفتـار دینامیکی بسیار پیچیده است. وجود پدیده‌های بسیار جالب و متنوع غیرخطی در رفتار دینامیکی ایـن سیسـتم باعث علاقه‌مندی ریاضیدانان و فیزیکدانان به این مسئله شد، که خصوصا در لوله یکسـر آزاد بیشـتر نمـود پیـدا می‌کند. مدلسازی چنین سیستمی در مبدل‌های حرارتی، رآکتورهای هسته‌ای، ابزارهای میکرو و نـانو، سیسـتم انتقال سوخت راکتها (به علـت اهمیـت کـاهش وزن و در نتیجـه انعطـاف‌پـذیری بیشـتر)، رباتهـا و تجهیـزات پیمایشگر زیر آبی، بررسی اضمحلال ریوی و ... کاربرد دارد. در این تحقیق یک رابطـه تحلیلـی غیرخطـی بـرای ارتعاشات خودتحریک لوله حاوی جریان سیال استخراج شده است که یکسر آن آزاد و سر دیگر آن گیردار است و تحت تاثیر نیروی جاذبه قرار گرفته است. معادلات غیرخطی با اسـتفاده از روش همیلتـون بدسـت آمـده و بـا تعریف پارامترهای بی‌بعد مناسب، معادله حرکت بی‌بعد شده‌است. سپس با فرض تیر اولر-برنولی و با اسـتفاده از روش گلرکین معادله را گسسته کرده و به یک معادله دیفرانسیل وابسته به زمان خواهیم رسید. با کدنویسی در نرم‌افزار Matlab و ایجاد مدل در سیمولینک، معادله را حل کرده و تاثیر پارامترهای مختلف بر رفتار سیسـتم را بررسی کرده‌ایم.

کلمات کلیدی: لوله حاوی جریان سیال، ارتعاشات خودتحریک، تیر اولر-برنولی، روش گلرکین

۱ فصل اول: راهنمای کاربری

۱-۱. شرح اولیه کد و ملاحظات مربوط به آن

با استفاده از کد موجود و مدل سیمولینک ایجاد شده قصد حل معادله دیفرانسیل زیر را داریم:

$$m_{ij}\ddot{q}_j + c_{ij}\dot{q}_j + k_{ij}q_j + B_{ijkl}q_jq_kq_l + D_{ijkl}q_jq_k\dot{q}_l + E_{ijkl}q_j\dot{q}_k\dot{q}_l + F_{ijkl}q_jq_k\ddot{q}_l = 0 \qquad (1)$$

که یک معادله دیفرانسیل غیرخطی است. ضرایب m_{ij}، c_{ij} تا F_{ijkl} ضرایب مستقل از زمان معادله هستند که با استفاده از انتگرال حاصلضرب توابع شکل مود و مشتقات آنها و ضرایب بی‌بعد هندسی وارده از طرف کاربر به برنامه تعیین می‌شوند. q ها عبارات وابسته به زمانی هستند که مجهولات این معادله می‌باشند.

$$m_{ij} = \frac{\Lambda}{\lambda^2}\int_0^1 \left(A_f^* + \rho^* A_p^*\right)\phi_i\phi_j \, d\xi$$

$$c_{ij} = 2u\sqrt{\Lambda}\int_0^1 \phi_i\phi_j' \, d\xi$$

$$
\begin{aligned}
k_{ij} = \int_0^1 I^* \phi_i \phi_j'''' \, d\xi
&+ \frac{u^2 \lambda^2}{A_f^*(1)} \int_0^1 \phi_i \phi_j'' \, d\xi + \int_0^1 I^{*\prime\prime} \phi_i \phi_j'' \, d\xi + 2 \int_0^1 I^{*\prime} \phi_i \phi_j''' \, d\xi \\
&+ \frac{\Lambda}{\lambda^2} \gamma \left(\int_0^1 \left(A_f^* + \rho^* A_p^* \right) \phi_i \phi_j' d\xi \right. \\
&\left. - \int_0^1 \phi_i \phi_j'' \int_\xi^1 \left(A_f^* + \rho^* A_p^* \right) d\xi \, d\xi \right)
\end{aligned}
$$

$$
\begin{aligned}
B_{ijkl} = \frac{u^2 \lambda^2}{A_f^*(1)} \int_0^1 \phi_i \left(\phi_j' \phi_k' \phi_l'' - \phi_j'' \int_\xi^1 \phi_k' \phi_l'' d\xi \right) d\xi
&+ \frac{\Lambda}{\lambda^2} \gamma \left(\frac{1}{2} \int_0^1 \left(A_f^* + \rho^* A_p^* \right) \phi_i \phi_j' \phi_k' \phi_l' \, d\xi \right. \\
&\left. - \frac{3}{2} \int_0^1 \phi_i \phi_j' \phi_k' \phi_l'' \int_\xi^1 \left(A_f^* + \rho^* A_p^* \right) d\xi \, d\xi \right) \\
&+ \int_0^1 I^* \phi_i \left(\phi_j' \phi_k' \phi_l'''' + 4 \phi_j' \phi_k'' \phi_l''' + \phi_j'' \phi_k'' \phi_l'' \right) d\xi \\
&+ \int_0^1 I^{*\prime} \phi_i \left(2 \phi_j' \phi_k' \phi_l''' + 3 \phi_j' \phi_k'' \phi_l'' \right) d\xi + \int_0^1 I^{*\prime\prime} \phi_i \phi_j' \phi_k' \phi_l'' d\xi
\end{aligned}
$$

$$
D_{ijkl} = 2u\sqrt{\Lambda} \int_0^1 \phi_i \left(\phi_j' \phi_k' \phi_l' - \phi_j'' \int_\xi^1 \phi_k' \phi_l' \, d\xi \right) d\xi
$$

$$
\begin{aligned}
E_{ijkl} = F_{ijkl} = \frac{\Lambda}{\lambda^2} \gamma \left(\int_0^1 \left(A_f^* + \rho^* A_p^* \right) \phi_i \phi_j' \int_0^\xi \phi_k' \phi_l' d\xi \, d\xi \right. \\
\left. - \int_0^1 \phi_i \phi_j'' \int_\xi^1 \left(A_f^* + \rho^* A_p^* \right) \int_0^\xi \phi_k' \phi_l' d\xi \, d\xi \, d\xi \right)
\end{aligned}
$$

(۲)

و پارامترهای بی‌بعد هندسی موجود در عبارات بالا نیز بدین قرارند: