Ігуменцев Є.О., Прокопенко О.О.

ВИЗНАЧЕННЯ СТАТИЧНОЇ НАПРУГИ МЕТАЛУ ТРУБОПРОВОДУ

Відомо, що в напружених деталях швидкість звуку подовжніх хвиль в матеріалі зменшується в порівнянні зі швидкістю звуку ненапруженої деталі. Найбільш відомим способом визначення швидкості затримки хвиль є фазометричний метод для частот близько 70 кГц. Проте це завдання можна вирішити і в частотному діапазоні 1,7 кГц.

Для визначення статичної напруги за допомогою магнітострикційної трубки в трубопровід вводять подовжні коливання, які поширюються по периметру і уздовж труби.

Для реєстрації швидкості поширення бездисперсних і дисперсних хвиль, використовують метод виділення взаємної кореляційної функції, оскільки кожен пік відповідає часу (τ) приходу подібного віброакустичного сигналу від одного датчика до іншого, генерованого за допомогою магнітострикційної трубки. Якщо відстань між датчиками дорівнює *L*, то швидкість поширення звуку рівна $c = L/\tau$.

Статична напруга в трубі (σ_c), виражена через час поширення звуку:

$$\sigma_c = 2 \cdot E \cdot \overline{G}_т \cdot \frac{\Delta\tau}{\tau} + \sigma_т \cdot \left(1 - \overline{G}_т\right),$$

де E, $\overline{G}_т$ — модуль пружності і модуль лінійного зміцнення; ($\sigma_т$ — межа плинності матеріалу труби; $\Delta\tau$ — зміщення часу сигналу при напруженому стані труби (σ).

При фіксованій різниці запізнювань піки взаємної і автокореляційної функцій, що відповідає певним тракам, виділяються тим важче, чим вужче смуга частот шуму. У граничному випадку, коли у джерелі шуму мають місце гармонійні коливання, кореляційною функцією кожного тракту є косинусоїда, і виділення окремих траків взагалі неможливе. Приблизно можна вважати, що якщо смуга частот вихідного сигналу рівна $B_ш$, то для надійного виділення піків кореляції, відповідних окремим тракам, запізнювання у будь-якій парі траків повинні задовольняти нерівності

$$|\tau_j - \tau_k| > 1/B_ш; \quad j, k = 1,2,\ldots,n. \qquad (2)$$

Ширина смуги в одну октаву, коли $\Delta f = B_ш$, задовольняє нерівності (2). Після виділення піків авто- і взаємного кепстрів визначають час поширення подовжніх і поперечних хвиль уздовж периметра і утворюючій труби. Кожен пік автокепстру відповідає часу приходу поперечної і подовжньої хвилі уздовж периметра труби і фіксується одним вібродатчиком. Кожен пік перехресного кепстру відповідає часу приходу поперечної або подовжньої хвилі уздовж утворюючої труби і фіксується двома вібродатчиками.

Кореляційна функція гармонійного процесу у випадковому широкосмуговому шумі дорівнює сумі кореляційних функцій гармонійного процесу і широкосмугового шуму. Помітимо, що кореляційна функція швидко сходиться до косинусоїдального члену, що відповідає гармонійній складовій процесу. Максимальне значення відповідає *t*=0 і дорівнює сумі спектральних складових гармонійного процесу і широкосмугового шуму. Логарифмування такого

сигналу як би збільшує складову широкосмугового шуму. Коефіцієнти посилення зростають і в граничному випадку, коли відношення шуму до сигналу прагне до нуля, прагнуть до нескінченності. Таким чином, логарифмування перетворює кореляційну функцію гармонійного сигналу на кореляційну функцію широкосмугового шуму. Автокепстр $К_{xx}(\tau)$

$$К_{xx}(\tau) = -\left[\frac{\mathrm{Sin}2\pi B_{ш}\tau}{2\pi B_{ш}\tau}\cdot\frac{B_{ш}a_1}{\sigma^2}+\frac{\mathrm{Cos}2\pi f_0\tau}{\tau}\right],$$

де $a_1 = -\frac{4\sigma}{\sqrt{\pi}}\cdot lg\frac{A^2}{4}+4\left(B_{ш}^2+f_0^2\right)lge$; $\sigma\to 0$ — коефіцієнт апроксимації вузькосмугового випадкового процесу (дельта функції) Гаусовим розподілом; А, f_0 — амплітуда і частота гармонійних коливань. Співвідношення (3) вже не має недоліків кореляційної функції і може бути використане для визначення статичної напруги в газопроводі.