

6. Аллен, Таунсенд, Заредкий. Упругогидродинамическая смазка шарика при верчении в канавке с низким показателем прилегания. Проблемы трения и смазки, № 1, 1970 (NSME серия F).

7. Камерон А. Теория смазки в инженерном деле. Москва, Машгиз, 1962. (Об уравнении вязкости смазочных масел).

8. Piperakis Nikos. Sur l'équation de viscosité des huiles lubrifiantes. (Об уравнении вязкости смазочных масел). Revue univers. mines, 1971, 114, № 1, стр. 17—27.

9. Mahoney C. L., Barnum E. R., Kerlin W. W., Sax K.J. Metal-linked Polyphenyl Ethers as High-Temperature Radiation-Resistant Lubricants.

10. Кусаков М. М., Коновалова Л. А., Авдеева В. П. Влияние давления на вязкость и структурирование масел. Труды Института нефти АН СССР, т. XII, 1959.

11. Venkatesan P. S., Ahmed N., Goldman I. B. Frictional studies, of tool steel against aluminum under high pressure using liquid lubricants. Wear, 1971, 17, N 4, 245—258.

Б. П. ДЬЯЧЕНКО, Н. А. КШНЯКИН

ГЕНЕРАТОР РАДИОИМПУЛЬСОВ ДЛЯ ВОЗБУЖДЕНИЯ КВАРЦЕВЫХ ДАТЧИКОВ ВЯЗКОСТИ

Для исследования вязкоупругих свойств жидкостей применяются крутильно-колеблющиеся кварцевые резонаторы [1], механические колебания, в которых обычно возбуждаются с помощью генераторов прямоугольных импульсов [2]. В паузе между импульсами ток в резисторе R (в соответствии с эквивалентной схемой, приведенной на рис. 1) может быть записан в виде

$$i(t) = \frac{U_0 e^{-\frac{t}{RC}}}{R} (1 - e^{-\frac{\tau_u}{RC}}) + \frac{U_0 e^{-\alpha t}}{\omega L_K} [\sin \omega t - e^{-\alpha \tau_u} \sin \omega (t - \tau_u)]. \quad (1)$$

С увеличением вязкости жидкости возрастает коэффициент затухания α , измерение которого затрудняется малой амплитудой отклика $U_0/\omega L_K$ и первым слагаемым в (1), полностью искажающим первый период колебаний датчика.

Для уменьшения погрешности измерения вязкости высоковязких сред или жидкостей, находящихся под высоким давлением, необходимо увеличить амплитуду отклика $U_0/\omega L_K$ в (1) и уменьшить первое слагаемое в (1), что может быть осуществлено возбуждением резонатора радиопульсом с синусоидальным заполнением, частота которого близка к резонансной частоте датчика.

При одинаковых амплитудах возбуждающих импульсов амплитуда колебаний в датчике за время действия радиопульса будет

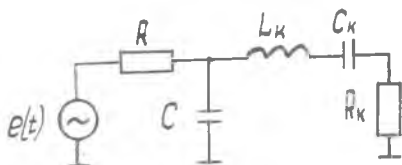


Рис. 1.

большой, а ток в резисторе R по окончании радиопульса может быть представлен в виде

$$i(t) = i_1(t) + i_2(t)$$

$$i_1(t) = \frac{Um \omega}{R \sqrt{\frac{1}{(RC)^2} + \omega^2}} \left[\sin(\omega t + \Theta) - \frac{e^{-\frac{t}{RC}}}{RC \sqrt{\frac{1}{(RC)^2} + \omega^2}} \right] \quad (2)$$

$$i_2(t) = \frac{\omega Um}{2\omega_{св} L_k \sqrt{\Delta^2 + \Delta^2}} \left[1 - 2e^{-\Delta t} \cos \Delta t + e^{-2\Delta t} \sin(\omega t + \varphi) \right], \quad (3)$$

где $\Delta = \omega - \omega_{св}$

ω , $\omega_{св}$ — угловая частота генератора и резонансная частота датчика соответственно.

Из (3) видно, что максимальная амплитуда отклика зависит от величины Δ , однако, ограничив длительность радиопульса 20—30 периодами, слагаемое в подкоренном выражении, содержащее $2e^{-\Delta t} \cos \Delta t$, можно принять равным $2e^{-\Delta t}$ даже в случае, если абсолютная разность частот составит $10^{-3}f$, что является весьма большой величиной для современных генераторов, кратковременная стабильность которых значительно выше.

С учетом изложенного

$$i_2(t) \simeq \frac{Um (1 - e^{-\Delta t})}{2L_k \sqrt{\Delta^2 + \Delta^2}} \sin(\omega t + \varphi), \quad (4)$$

откуда видно, что ток в цепи свободно колеблющегося резонатора при радиопульсном возбуждении превышает отклик резонатора при импульсном возбуждении, а их отношение может достигать величины $\frac{Q}{\sqrt{2}}$.

Необходимо отметить, что в кварцевом резонаторе при импульсном возбуждении возникают колебания на высших гармониках и по данным измерений, проведенных в лаборатории «Авиационные подшипники» Куйбышевского авиационного института, амплитуда третьей гармоники может достигать 20% основной. При радиопульсном возбуждении резонаторов высшие гармоники не были зарегистрированы.

Оптимальную длительность радиопульса можно определить из (4), учитывая динамический диапазон измерительного усилителя, который при значительных амплитудах входного сигнала вносит нелинейные искажения, что может привести к значительной погрешности измерений.

Что касается слагаемого $i_1(t)$ (2), его влияние может быть устранено оптимальным выбором времени окончания импульса из условия

$$\sin(\omega t + \theta) = \frac{e^{-\frac{t}{RC}}}{RC \sqrt{\frac{1}{(RC)^2} + \omega^2}} \quad (5)$$

Реализация генератора видеопульсов в лаборатории «Авиационные подшипники» позволила исследовать реологические свойства жидкостей при давлениях до 6000 кгс/см².

ЛИТЕРАТУРА

1. Мэзон У. Пьезоэлектрические кристаллы и их применения в ультразвуке. И. Л. Москва, 1952.
2. Степичев А. А., Кремлевский В. П. Вибрационный вискозиметр. Авторское свидетельство. СССР, кл 42е, 7/02, № 221989.

Н. А. КШНЯКИН

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЯЗКОСТИ ЖИДКОСТИ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫМ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕМ НА ОСНОВЕ МЕТОДА ДВУХ АМПЛИТУД

Для исследования вязкости жидкостей в качестве датчика применяются крутильно-колеблющиеся кварцевые резонаторы. Датчик периодически возбуждается импульсным генератором, а в паузе между импульсами совершает свободные колебания. Развиваемое датчиком напряжение может быть записано в виде:

$$U(t) = U_m e^{-\alpha t} \sin \omega_c t, \quad (1)$$

где ω_c — собственная угловая частота датчика;

α — постоянная затухания, зависящая от параметров датчика и вязкости окружающей его среды.

Вязкость среды, по известной методике, может быть вычислена по осциллограммам переходного процесса (1), что является трудоемким процессом, а точность его низкая. В [1] описан вискозиметр, реализующий принцип измерения α по временному интервалу, разделяющему моменты равенства входного напряжения вида $U_m e^{-\alpha t}$ с двумя различными опорными напряжениями.

Для этой цели в (1) необходимо выделить огибающую $U_m e^{-\alpha t}$, однако с увеличением вязкости (давления) добротность резонатора уменьшается и детектирование сопровождается возрастающей погрешностью.

Повышение точности измерения вязкости высоковязких сред, а также жидкостей, находящихся под высоким давлением, может быть осуществлено с помощью амплитудно-временного преобразо-