

УДК 534

Р. Г. КЕОШКЕРЯН, М. Г. ХАЧИКЯН

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ САМОРАЗОГРЕВА
БИМОРФНЫХ ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРИВОДОВ

Представлены методы и результаты экспериментального исследования параметров саморазогрева биморфных пьезоэлектрических приводов. Разработан стенд измерений. В качестве датчика температуры применен полупроводниковый термочувствительный элемент. Показаны зависимость температуры саморазогрева и времени переходного процесса от частоты возбуждения пьезопривода, а также зависимость температуры саморазогрева во времени.

На 3. Библиогр.: 2 назв.

Введение. В последние годы пьезоэлектрические приводы находят широкое применение в различных областях техники. В частности, они используются в качестве приводов микромашин, работающих в современных точном машиностроении, измерительной и оптоэлектронной технике. На их характеристики существенное влияние оказывают температурные поля саморазогрева, вызванные их высокочастотными колебаниями, возбуждаемыми приложенным переменным электрическим полем. В работе описаны методы и результаты экспериментального исследования параметров саморазогрева биморфных пьезопроводов.

В экспериментальных исследованиях характеристик нагретого тела широкое распространение имеет контактный метод измерений с помощью термометра [1]. Но вследствие того, что в динамических режимах работы пьезопровод совершает высокочастотные механические колебания, использование термометра является неэффективным, поскольку, контактируя с поверхностью пьезопровода, они вносят искажения в механические параметры последнего. Во избежание этого предложен контактный метод измерения, в котором в качестве датчика температуры использован миниатюрный полупроводниковый термочувствительный элемент, практически не оказывающий влияния на параметры исследуемого пьезопровода. Основными преимуществами полупроводниковых термочувствительных элементов являются малые габариты, возможность взаимозаменяемости и сравнительная дешевизна, позволяющая применять их в датчиках однократного употребления.

При исследовании характеристик саморазогрева биморфных пьезопроводов применен полупроводниковый элемент, представляющий со-

бой кремниевую подложку размерами $1,4 \times 1,2 \text{ мм}^2$, на которой получены два отдельных $p-n$ перехода. Принцип регистрации температуры заключается в том, что при поддержании постоянного тока через эти $p-n$ переходы разность напряжений на них пропорциональна собственной температуре кремниевой подложки

$$\Delta U = \frac{kT}{q} \ln \frac{I_1}{I_2}, \quad (1)$$

где $k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/град}$ — постоянная Больцмана, $q = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$ — заряд электрона, T — абсолютная температура кремниевой подложки, I_1 и I_2 — электрические токи через $p-n$ переходы. При поддержании отношения $I_1/I_2 = 3,2$ постоянной температура подложки определится из соотношения

$$T = \Delta U \cdot 10^{-4}, \quad (2)$$

т. е. с помощью вольтметра можно определять температуру нагретой кремниевой подложки. Температурная чувствительность $p-n$ перехода по напряжению составляет приблизительно $1,5 \text{ мВ/град}$, что значительно выше чувствительности терморезисторов, работающих в одном и том же температурном диапазоне. Диапазон измеряемых температур примененного полупроводникового элемента достигает от -80 до $+150^\circ\text{C}$. Для измерения температуры саморазогрева пьезопривода полупроводниковый элемент закрепляется на его поверхности клеем К.ПТ-30М, обладающим температурой разложения, равной 200°C , и высокими упругими свойствами.

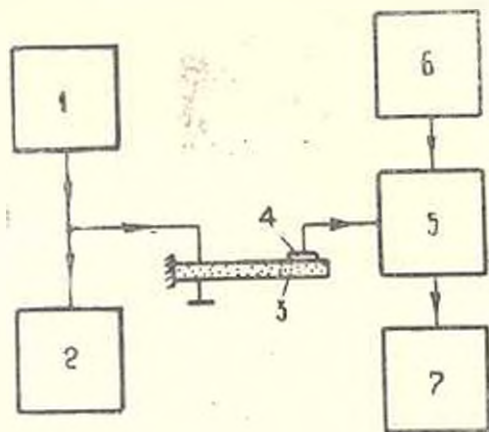


Рис. 1. Блок-схема стенда измерений

Задача экспериментального исследования состоит в определении следующих характеристик биморфного пьезопривода: зависимости величины установившейся температуры саморазогрева от частоты возбуждения электрического сигнала — температурно-частотная характеристика; изменение температуры саморазогрева во времени; зависимости времени переходного процесса от частоты электрического сигнала.

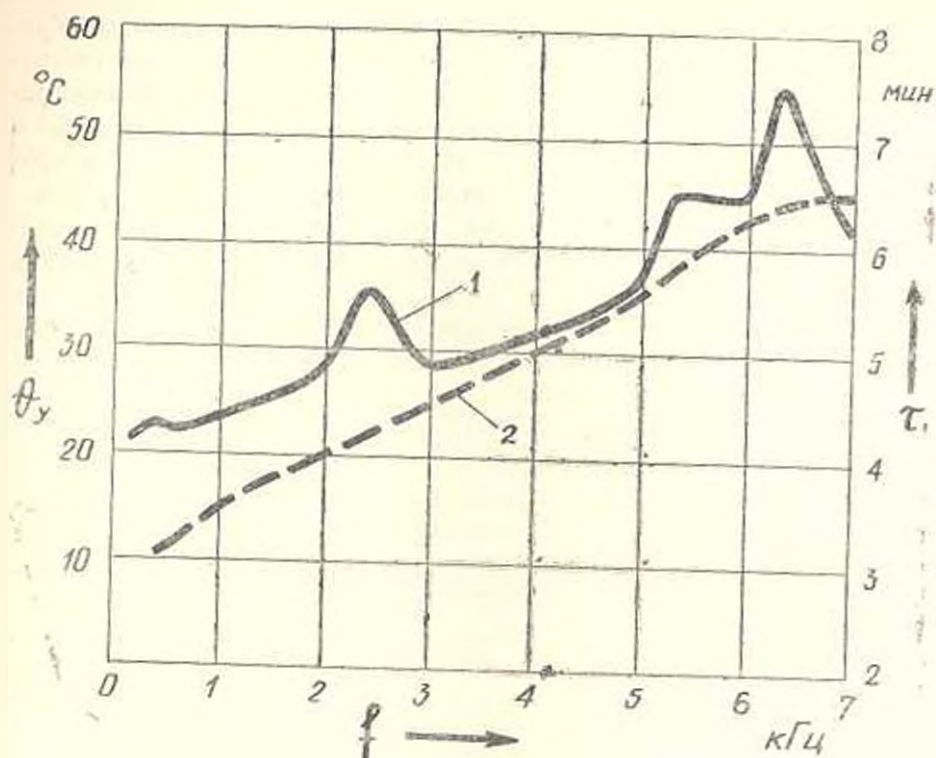


Рис. 2. Зависимости температуры саморазогрева (1) и времени переходного процесса температурного равновесия (2) биморфной пьезопластины от частоты возбуждения f .

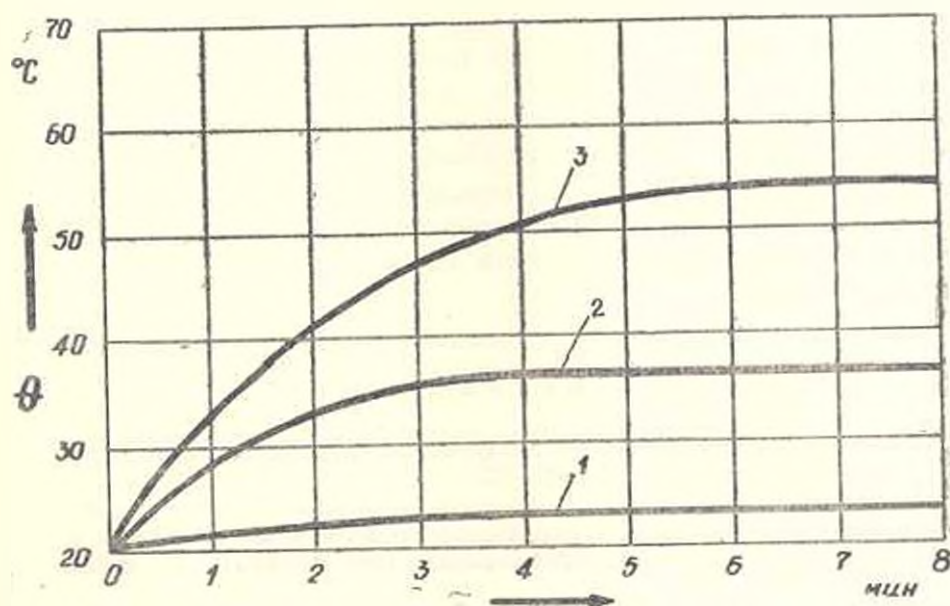


Рис. 3. Зависимость температуры саморазогрева биморфной пьезопластины от времени: 1 — $f_1 = 0,355$ Гц, 2 — $f_2 = 2,35$ Гц, 3 — $f_3 = 6,2$ Гц.

нала. На рис. 1 приведена блок-схема стенда для исследования саморазогрева пьезопривода. Измерения производятся следующим образом: гармонический сигнал, вырабатываемый низкочастотным генератором 1 (ГЗ-56/1), откорректированный по напряжению осциллографом 2 (С1-65), подается на исследуемый пьезопривод, приводя его в колебательное движение. Наличие внутреннего трения при этом приводит к саморазогреву пьезопривода, регистрируемому полупроводниковым элементом 4. Электронный сигнал от полупроводникового элемента преобразуется электронной схемой 5 так, что показания вольтметра 7 (В7-22А) соответствует температуре саморазогрева пьезопривода и кельвинам. Показания вольтметра снимаются через определенные промежутки времени. Исследуемый пьезопривод представляет собой коническую закрепленную прямоугольную биморфную пластину из пьезокерамики ЦТС 19 размерами $15 \times 37,5 \times 1,2$ мм. Биморфная пьезопластина возбуждается в диапазоне, включающем первые три резонансных частоты от 0,355 кГц до 7 кГц при напряжении $U = 70$ В и коэффициенте теплоотдачи с окружающей средой $\alpha = 5$ Вт/м²·град. Начальная температура пьезопластины равнялась окружающей среде — 20°C. При установившемся режиме температуры саморазогрева от времени показания вольтметра снимаются через интервалы $\Delta t = 15, 30$ и 60 с. Поскольку в диапазоне от 0 до 60 с поведение функции $\theta(t)$ оказалось монотонным, оканчивая шаг по времени Δt принимался постоянным и равным 30 с. На рис. 2 представлена температурно-частотная характеристика (кривая 1) биморфной пьезопластины, из которой видно, что максимальные значения температуры саморазогрева соответствуют резонансным частотам возбуждения [2]. Это объясняется тем, что температура саморазогрева определяется величиной диссипации энергии в пьезоматериале, достигающей максимального значения на резонансных частотах. Зависимость времени t_p переходного процесса температурного равновесия от частоты f возбуждения (рис. 2, кривая 2) является монотонно-возрастающей функцией, т. е. температурно-частотная характеристика также возрастает. На рис. 3 показана зависимость температуры саморазогрева пьезопластины на первых трех резонансных частотах $f_p = 0,355, 2,35$ и 6,2 кГц. Стационарный режим работы в зависимости от частоты достигается спустя 4—7 мин после включения питания пьезопривода.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лелия Е. С., Новичкий Н. В. Электрические измерения неэлектрических величин. — Л.: Энергоатомиздат, 1983. — 320 с.
2. Арутюнян М. Г., Кочикян А. В., Кешикян Р. Г. Исследование температурных полей саморазогрева пьезоэлектрических приводов и их воздействия на динамические характеристики // Вибротехника. — 1990. № 65 (1). — С. 15—51.