

УДК 621.314

ВЛИЯНИЕ МЕСТА ЗАКРЕПЛЕНИЯ ПЬЕЗОТРАНСФОРМАТОРА НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЕГО РАБОТЫ

К. т. н. Ю. Э. Паэранд, П. В. Охрименко, К. Ю. Филоненко

Донбасский государственный технический университет
Украина, г. Алчевск
paerand@mail.ru

Приведены результаты анализа влияния места закрепления пьезотрансформатора на его коэффициент трансформации и добротность. Показано, что при креплении, не соответствующем моде колебаний, коэффициент трансформации снижается на 25—60%, а добротность на 35—45%. При этом для второй моды колебаний влияние места крепления на эффективность работы пьезотрансформатора более существенно, чем для первой.

Ключевые слова: пьезотрансформатор, резонанс, мода колебаний.

В настоящее время пьезотрансформаторы находят все большее применение в областях, где требуется получение высоких напряжений. Практика применения пьезотрансформаторов показывает, что они достаточно эффективно работают на первой или на второй моде колебаний в области частот от нескольких десятков до сотен килогерц. Однако при конструировании устройств, использующих пьезотрансформатор, необходимо учитывать, что сам пьезотрансформатор является механической вибрирующей системой и требует правильного закрепления. Для того, чтобы не вносить дополнительных потерь в механическую систему, крепление пьезотрансформатора необходимо осуществлять в местах минимальных смещений для выбранной моды колебаний. Согласно теории продольных колебаний [1], в призматическом стержне минимальные смещения находятся на расстоянии $1/2$ длины от края стержня для первой моды колебаний и $1/4$ длины – для второй моды колебаний.

Авторами проводилась оценка влияния места закрепления пьезотрансформатора на эффективность его работы. При этом учитывалась возможность работы пьезотрансформатора на первой и второй моде колебаний при закреплениях его по центру и на расстоянии $1/4$ длины от края. Исследования работы пьезотрансформатора на третьей моде колебаний показали нецелесообразность их проведения в связи со значительным снижением выходного напряжения.

Оценка эффективности работы осуществлялась по величине коэффициента трансформации и значению добротности для соответствующих мод колебаний и условий закрепления. В качестве объекта исследования использовался многослойный пьезотрансформатор ТП-РМ 200402.

Измерение коэффициента трансформации $K_{тр}$ проводилось по электрической схеме, изображенной на рис. 1, а определение добротности Q — по формуле [2]

$$Q = \frac{f_a^2}{2\pi f_r Z_r C (f_a^2 - f_r^2)},$$

где f_r – резонансная частота;

f_a – антирезонансная частота;

Z_r – сопротивление пьезотрансформатора при резонансе;

C – емкость пьезотрансформатора.

В таблице приведены сравнительные данные измерений коэффициента трансформации $K_{тр}$ и добротности Q для разных мод колебаний и разных мест крепления пьезотрансформатора при входном напряжении 2 В.

На рис. 2 показаны зависимости выходного напряжения и входного тока от частоты на второй моде колебаний. Кривые зависимости выходного напряжения и входного тока от частоты на первой моде выглядят аналогично, отличаясь при этом менее выраженной зависимостью от места закрепления (см. таблицу).

Влияние места крепления на эффективность трансформатора

Место крепления	Первая мода колебаний		Вторая мода колебаний	
	$K_{тр}$	Q	$K_{тр}$	Q
Посередине	30	112	14,8	72
На расстоянии 1/4 длины от края	22	73	37,5	130

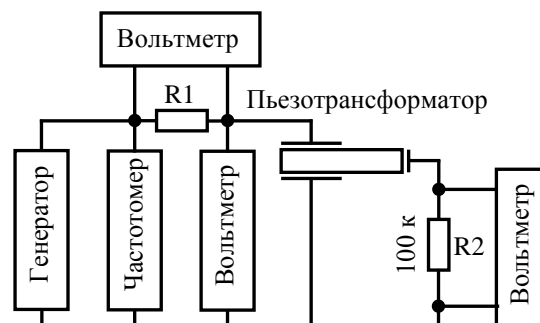
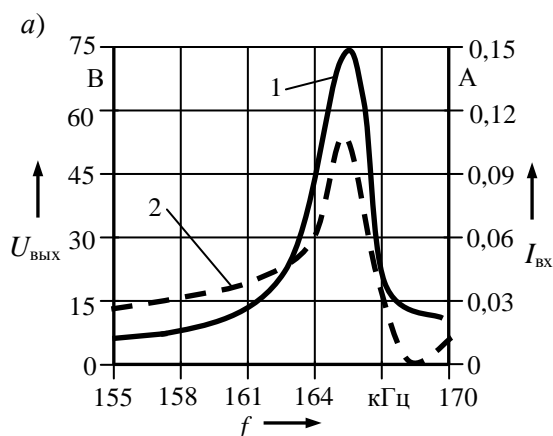


Рис. 1. Схема измерения параметров пьезотрансформатора

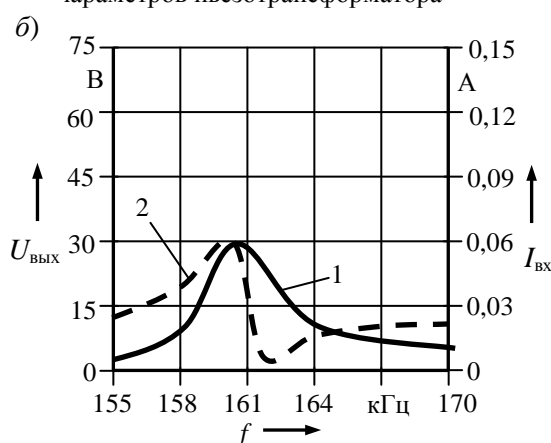


Рис. 2. Зависимость выходного напряжения $U_{\text{вых}}$ (кривая 1) и входного тока $I_{\text{вх}}$ (кривая 2) от частоты на 2-й моде колебаний при креплении, оптимальном для 2-й (а) и для 1-й (б) моды колебаний

Таким образом, проведенные исследования показали, что использование пьезотрансформатора более эффективно на второй моде колебаний, а при креплении, не соответствующем моде колебаний, коэффициент трансформации снижается на 25–60% и добротность на 35–45%. При этом для второй моды колебаний влияние места крепления на эффективность работы пьезотрансформатора более существенно, чем для первой.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Тимошенко С. П., Янг Д. Х., Уивер У. Колебания в инженерном деле.— Москва: Машиностроение, 1985.
2. Земляков В. Л. Измерительные технологии в пьезоэлектрическом приборостроении: Учеб. пособие.— Ростов-на-Дону, 2010.

Yu. E. Paerand, P. V. Okhrimenko, K. Y. Filonenko

The effect of fixation point of piezoelectric transformer on its performance.

The paper presents analytical results on the effect of the fixation point of piezoelectric transformer on its transformation ratio and quality factor. The analysis shows that if fixation does not correspond the coincident oscillation mode, then the transformation ratio is reduced by 25—60% and the quality factor by 35—45%. However, for the second oscillation mode, the fixation point of piezoelectric transformer has greater influence on its performance than it has for the first mode.

Keywords: *piezoelectric transformer, resonance, oscillation mode.*