

УДК 621.314

ВЛИЯНИЕ ЕМКОСТНОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ НАГРУЗКИ НА КОЭФФИЦИЕНТ ТРАНСФОРМАЦИИ ПЬЕЗОТРАНСФОРМАТОРА

К. т. н. Ю. Э. Паэранд, к. т. н. В. Д. Потапов, П. В. Охрименко

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

Получено выражение, позволяющее оценить влияние емкостной составляющей нагрузки на коэффициент трансформации пьезотрансформатора. Показано, что характер влияния емкостной составляющей в цепи нагрузки на коэффициент трансформации зависит от диапазона значений сопротивления нагрузки.

Ключевые слова: пьезотрансформатор, коэффициент трансформации, выходная емкость.

Пьезоэлектрические трансформаторы (ПТ) находят все более широкое применение при построении новой электронной аппаратуры, в частности в высоковольтных источниках вторичного электропитания и в устройствах, где требуется большой коэффициент преобразования напряжения. Отсутствие у ПТ обмоток и магнитной системы, возможность применения планарной конструкции, высокая экономичность и надежность существенно улучшают массогабаритные показатели электронных узлов [1].

Двойное преобразование энергии и резонансный характер явлений, положенных в основу работы пьезотрансформатора, требует учета как механических, так и электрических явлений. Поэтому для анализа работы пьезотрансформатора используются эквивалентные схемы замещения [2], где отображаются энергетические процессы в механической и электрической части пьезотрансформатора. Схемы замещения можно преобразовать и представить в виде, показанном на рис. 1.



Рис. 1. Эквивалентные электрические схемы ПТ: а — параллельная, б — последовательная

Приведенные схемы с механической стороны характеризуются динамической емкостью C_m , динамической индуктивностью L_m и сопротивлением механических потерь R_m , а с электрической — входной емкостью C_i , выходными эквивалентными емкостями C_p (для параллельной схемы) и C_s (для последовательной схемы), а также эквивалентными сопротивлениями электрической нагрузки R_p и R_s соответственно для параллельной и последовательной схем. Величины эквивалентных емкостей и сопротивлений определяются из выражений:

$$C_p = n^2 \cdot C_0 \quad (1), \quad R_p = \frac{R_e}{n^2} \quad (2), \quad C_s = n^2 \cdot C_0 \cdot \frac{1 + (\omega \cdot C_0 \cdot R_e)^2}{(\omega \cdot C_0 \cdot R_e)^2} \quad (3), \quad R_s = \frac{R_e}{n^2} \cdot \frac{1}{1 + (\omega \cdot C_0 \cdot R_e)^2} \quad (4),$$

где C_0 — выходная емкость ПТ; R_e — сопротивление электрической нагрузки; n — пьезоэлектрический коэффициент трансформации; ω — частота входного напряжения.

Из выражений (3) и (4) видно, что при изменении сопротивления нагрузки R_e от 0 до ∞ величина эквивалентной емкости C_s для последовательной схемы замещения изменяется от ∞ до $n^2 C_0$, а эквивалентное сопротивление R_s соответственно от 0 до 0, принимая в интервале значения, максимальное из которых имеет величину

$$R_{s, \max} = \frac{1}{2n^2 \omega \cdot C_0} \quad \text{при} \quad R_e = \frac{1}{\omega \cdot C_0}. \quad (5)$$

Коэффициент трансформации пьезотрансформатора K , представленный через параметры эквивалентной электрической схемы пьезотрансформатора, определится из выражения

$$K = \frac{U_i}{U_o} = \frac{n \cdot R_e \sqrt{1 + \omega_p^2 C_0^2 R_e^2}}{R_n + R_m n^2 (1 + \omega_p^2 C_0^2 R_e^2)}. \quad (6)$$

На рис. 2 приведены зависимости коэффициента трансформации K от величины R_e и выходной емкости C_0 для многослойного трансформатора ТП-РМ 200402.

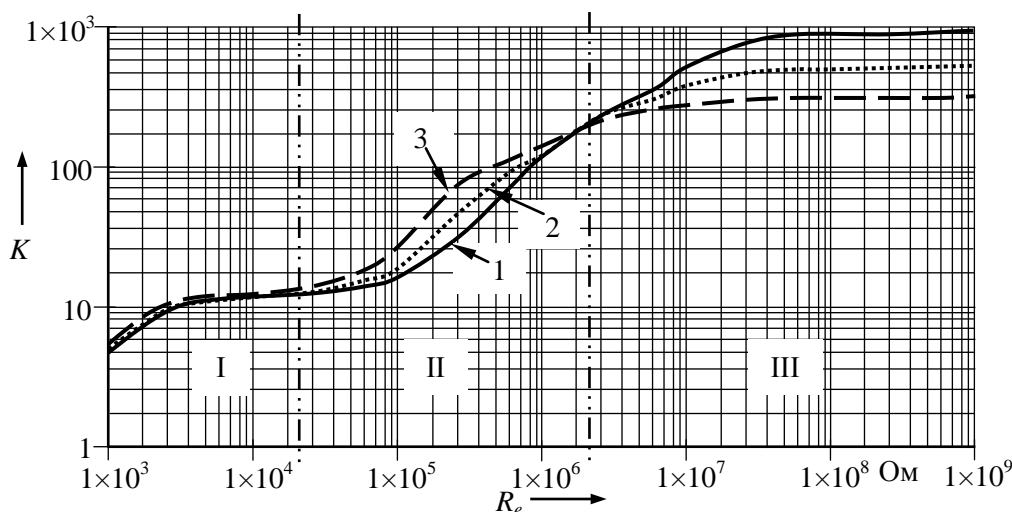


Рис. 2. Зависимость коэффициента трансформации ПТ от нагрузки при различных значениях C_0 (в пФ): 1 – 8; 2 – 13; 3 – 20

Анализ зависимостей показывает, что коэффициент трансформации для высокоомной нагрузки (участок III) достигает наибольших значений и практически не зависит от сопротивления нагрузки. При этом увеличение емкостной составляющей (кривые 2 и 3) приводит к уменьшению коэффициента трансформации, так, например, увеличение емкостной составляющей в 2 раза приводит к уменьшению K тоже в 2 раза. На участке I изменение величины этой составляющей влияния на коэффициент трансформации практически не оказывает. При средних значениях сопротивления нагрузки (участок II) увеличение выходной емкости (кривые 2 и 3) приводит к увеличению коэффициента трансформации на 40–50%.

При проектировании высоковольтных источников вторичного электропитания с использованием пьезотрансформаторов необходимо учитывать, что характер влияния емкостной составляющей в цепи нагрузки на коэффициент трансформации зависит от диапазона значений сопротивления используемой нагрузки.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Климашин В. М., Никифоров В. Г., Сафронов А. Я., Казаков В. К. Новые области применения пьезотрансформаторов // Компоненты и технологии.– 2004.– №1.– С. 56–59.
2. Лавриненко В. В. Пьезоэлектрические трансформаторы.– Москва: Энергия, 1975, С. 112.

Yu. E. Paerand, V. D. Potapov, P. V. Okhrimenko

Impact of a capacitive load component on the transformation index of a piezoelectric transformer.

An expression is obtained that allows evaluating the effect of the capacitive load component on the transformer ratio. It is shown that the effect of the capacitive load component in the circuit on the transformation ratio depends on the load resistance values range.

Keywords: *piezoelectric transformer, transformation, ratio, output capacitance.*