

УДК 621.314

## ВЛИЯНИЕ ЕМКОСТНОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ НАГРУЗКИ НА ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ПЬЕЗОТРАНСФОРМАТОРА

К. т. н. Ю. Э. Паэранд, к. т. н. В. Д. Потапов, В. Л. Зинченко

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

Приведены аналитические выражения и зависимости, позволяющие оценить влияние емкостной составляющей нагрузки на энергетические параметры пьезотрансформатора. Полученные результаты показывают необходимость учета этого влияния при проектировании источников вторичного электропитания с использованием пьезотрансформаторов.

Ключевые слова: пьезотрансформатор, коэффициент полезного действия, выходная мощность..

Пьезоэлектрические трансформаторы (ПТ) находят все более широкое применение при построении электронной аппаратуры в различных устройствах. Такие преимущества ПТ как высокая надежность, отсутствие обмоток, невозгораемость, компактная и монолитная конструкция, стойкость к радиации требуют более глубокого изучения их характеристик. Сложность решаемой задачи объясняется необходимостью учета характеристик механической и электрической колебательных систем.

Задачей данной работы является исследование особенностей работы ПТ, в частности, влияние емкостной составляющей нагрузки на его энергетические характеристики.

Использование электромеханических аналогий и понятия электромеханического трансформатора [1] позволяет применять для анализа эквивалентные схемы ПТ с сосредоточенными параметрами, которые в области частот резонанса без учета диэлектрических потерь имеют вид, показанный на рис. 1 [2].

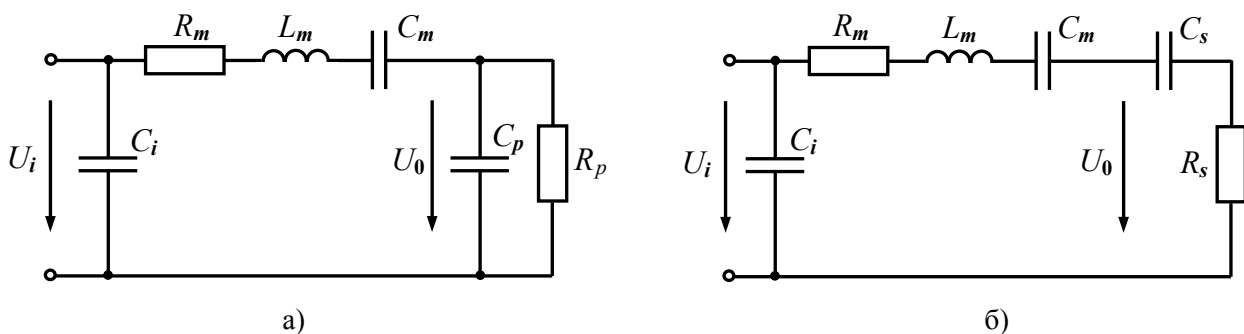


Рис. 1. Параллельная (а) и последовательная (б) эквивалентные электрические схемы ПТ

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.

Значения эквивалентных емкостей и сопротивлений последовательной схемы замещения определяются из выражений [2]

$$C_p = n^2 \cdot C_0, \quad R_p = \frac{R_e}{n^2},$$

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

где  $C_0$  – выходная емкость ПТ;  $R_e$  – сопротивление электрической нагрузки;  $n$  – пьезоэлектрический коэффициент трансформации;  $\omega$  – радиальная частота входного сигнала.

Из совместного решения приведенных соотношений получено выражение для определения КПД пьезотрансформатора:

$$\eta = \frac{k}{n^2 + n^2(\omega_p C_0 R_e)^2 + k}, \quad \text{где } k = R_e / R_m.$$

На рис. 2, а, где приведены зависимости КПД  $\eta$  и выходной мощности ПТ  $P_2$  от соотношения  $k$ , видно, что два максимума выходной мощности достигаются при величине КПД, равной 0,5.

На рис. 2, б показаны зависимости КПД  $\eta$  и выходной мощности ПТ типа ТП-РМ 200402 от соотношения  $k$  при условии подключения дополнительных емкостей к выходной цепи ПТ, что может иметь место на практике. В этом случае максимумы выходной мощности и КПД смещаются влево, величина КПД уменьшается.

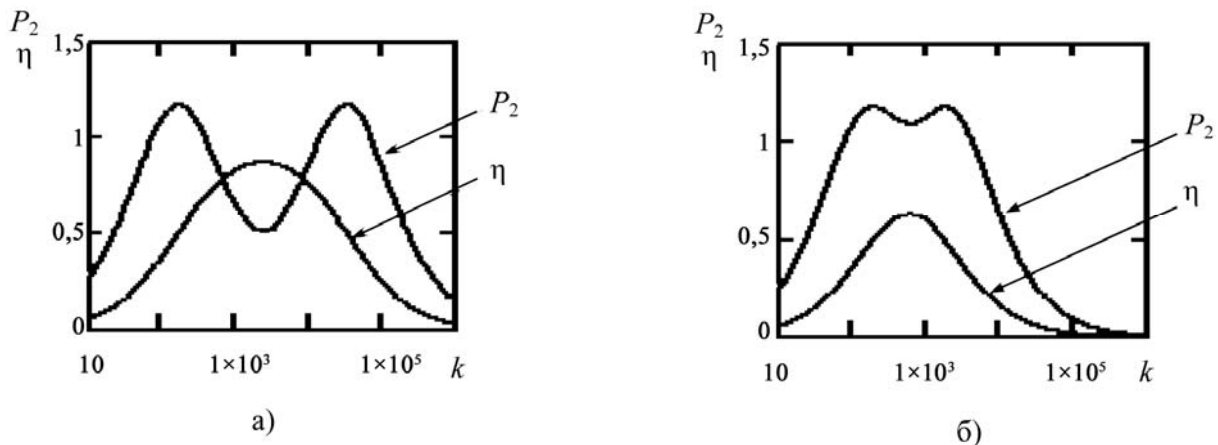


Рис. 2. Зависимость КПД  $\eta$  и выходной мощности ПТ  $P_2$  от соотношения  $k$  при отсутствии в выходной цепи дополнительных емкостей ( $C_0 = 20$  пФ) (а) и при подключении в выходную цепь дополнительной емкости 60 пФ (б)

Таким образом, при проектировании источников вторичного электропитания с использованием пьезотрансформаторов необходимо учитывать характер влияния емкостной составляющей в цепи нагрузки на эффективность его работы, в частности, на величину мощности, отдаваемой нагрузке, и коэффициент полезного действия.

#### ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Лавриненко В. В. Пьезоэлектрические трансформаторы.– Москва, «Энергия», 1975. С. 112.
2. Паэрэнд Ю. Э., Потапов В. Д., Охрименко П. В. Влияние емкостной составляющей нагрузки на коэффициент трансформации пьезотрансформатора // Материалы XV МНПК «Современные информационные и электронные технологии» Украина, г. Одесса.– 2014.– Т. 2.– С. 71–72.

Yu. E. Paerand, V. D. Potapov, V. L. Zinchenko

#### **Influence of the capacitive load component on the energy parameters of piezotransformers**

The paper presents analytical expressions and relationships that make it possible to evaluate the impact of capacitive load component on the energy parameters of piezotransformers. The results show the need to consider the impact of such effect in the design of the secondary power sources using piezotransformers.

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