

ПИРОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ КАК ЭЛЕМЕНТ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЦЕПИ

Пироэлектрический преобразователь (ПЭП) применяется преимущественно для измерения энергии и детектирования ИК-излучения [1]. Нами ПЭП рассматривается как инерционный элемент электрической цепи. Электрическая схема приведена на рис. 1.

По принципу построения ПЭП представляет собой электро-тепловой преобразователь электрических сигналов на основе пироэлектриков. Использование пироэлектрических материалов позволяет совместить функции тракта передачи теплового сигнала и термопреобразователя «тепловой сигнал — электрический сигнал». Структура ПЭП представлена на рис. 2. Превращение электрической энергии в тепловую осуществляется в тонкой металлической пленке, используемой как нагревательный элемент.

При рабочих температурах пироэлектрика значительно ниже точки Кюри с достаточной степенью точности можно предположить, что коэффициент теплопроводности, удельная теплоемкость, пироэлектрический коэффициент постоянны. Если рассматривать ПЭП как систему с сосредоточенными тепловыми и электрическими параметрами, то передаточная функция для линейного режима работы имеет вид [1]

$$G(p) = (A p \tau_r) / [(1 + p \tau_r)(1 + p \tau_s)], \quad (1)$$

где τ_r , τ_s — тепловая и электрическая постоянные; A — коэффициент, зависящий от теплофизических параметров ПЭП.

Исходя из известных коэффициентов передачи и входного и выходного сопротивления ПЭП, определим матрицу параметров холостого хода

$$Z = \begin{vmatrix} R_{\Pi} & 0 \\ \frac{R_{\Pi} A_p \tau_r}{(1 + p \tau_r)(1 + p \tau_s)} & \frac{R}{1 + p \tau_s} \end{vmatrix}. \quad (2)$$

Одним из обязательных условий физической реализации цепей на основе рассматриваемых элементов является их устойчивость. Собственные комплексные частоты, представляющие корни характеристических уравнений матрицы (2) равны $p = -1/\tau_s$ и $p = -1/\tau_T$. Очевидно, что рассматриваемый элемент обладает безусловной устойчивостью, так как имеет лишь отрицательные вещественные корни.

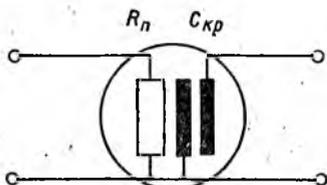


Рис. 1. Электрическая схема пьезоэлектрического преобразователя

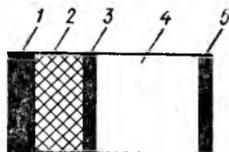


Рис. 2. Структура пьезоэлектрического преобразователя:
1 — резистивный слой; 2 — диэлектрик; 3, 5 — проводящий слой; 4 — пьезоэлектрик

Активность (пассивность) удобно рассматривать по свойствам эрмитовой части матрицы (2) [2]

$$Z_s = \begin{vmatrix} R_n & \frac{R_n A p^* \tau_T}{2(1 + p^* \tau_T)(1 + p^* \tau_s)} \\ \frac{R_n A p \tau_T}{2(1 + p \tau_T)(1 + p \tau_s)} & R \left(\frac{1}{1 + p \tau_s} + \frac{1}{1 + p^* \tau_s} \right) \end{vmatrix}. \quad (3)$$

Для матрицы, описывающей пассивный элемент, эрмитова форма (3) должна быть положительно полуопределенной; для этого необходимо и достаточно, чтобы каждый из определителей z_{11} и $\det[Z_s]$ был положителен.

Первый определитель всегда положителен и равен R_n . Вторым определителем $(R_n R) / (|1 + p \tau_s|^2) - (R_n A^2 |p \tau_T|^2) / (4 |1 + p \tau_T|^2 |1 + p \tau_s|^2)$ будет больше нуля, если $p = j\omega$,

$$4R > R_n (A^2 \omega^2 \tau_T^2) / (1 + \omega^2 \tau_T^2).$$

Важным свойством элемента, определяющим его возможности как элемента электронных цепей, является свойство обратности либо необратимости. Так как известна матрица параметров холостого хода ПЭП, то достаточно удобным критерием, в данном случае необратимости, является неравенство $z_{12} \neq z_{21}$.

Таким образом, рассмотренный ПЭП представляет собой устойчивое инерционное звено с двумя отрицательными вещественными положительными полюсами функции передачи, обладающее однонаправленностью и возможной активностью.

Список литературы: 1. Кременчугский Л. С. Сегнетоэлектрические приемники излучения. Киев, Наукова думка, 1971. 234 с. 2. Основы анализа и синтеза электронных цепей. Под ред. П. А. Ионкина. М., Высшая школа, 1972. 634 с.

J. N. Bondarenko, V. S. Skrynsky

PYROELECTRIC CONVERTOR AS LINEAR ELEMENT
OF ELECTRICAL CHAIN

Linear model of pyroelectric converter expressed as matrix of idle motion is under investigation. Basic characteristic of pyroelectric converter which determine his scheme-technical such as stability, activity reversing are analysed.