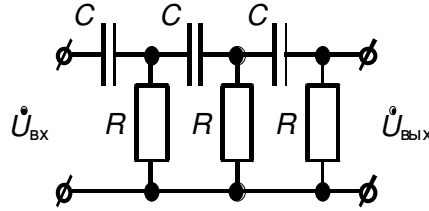


Частотный анализ фазирующей цепи R-параллель (алгоритм частотного анализа ЭЦ в пакете MathCad)

Исследуемая цепь



1. Задается мнимая единица: $j := \sqrt{-1}$.
2. Задаются параметры элементов схемы:
 - а) сопротивление резисторов: $R := 1000 \text{ Ом}$;
 - б) емкость конденсаторов: $C := 1000 \cdot 10^{-9} \text{ (Ф)}$.
3. Задается диапазон частот входного сигнала, в котором намечается проведение ЧА: минимальное, максимальное значения и шаг изменения частоты:

$$f := 0.001, 1.. 50000$$
4. Вводятся обозначения используемых параметров:
 - а) $\omega(f) := 2 \cdot \pi \cdot f$ – угловая частота;
 - б) $\tau := R \cdot C$ – параметр цепи (постоянная времени одного звена). Расчет: $\tau = 1 \times 10^{-3} \text{ (с)}$;
 - в) $x(f) := (j \cdot \omega(f) \cdot C)^{-1}$ – комплексное сопротивление конденсатора;
 - г) $X_c(f) := \frac{1}{\omega(f) \cdot C}$ – модуль сопротивления конденсатора;
 - д) $f_0 := \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot R \cdot C \cdot \sqrt{6}}$ – квазирезонансная частота цепи (Гц). Расчет значения: $f_0 = 64.975 \text{ Гц}$;
 - е) $\omega_0 := \frac{1}{R \cdot C \cdot \sqrt{6}}$ – угловая частота квазирезонанса (рад/с). Расчет значения: $\omega_0 = 408.248 \text{ рад/с}$;
 - ж) $K_{u0} := \frac{1}{29}$ – коэффициент передачи цепи на квазирезонансной частоте.
5. Вводятся выражения для определения входных частотных характеристик (формулу для комплекса $Z_{вх}(f)$ необходимо предварительно получить путем проведения математического анализа)

а) комплекс входного сопротивления цепи:
$$Z_{вх}(f) := \frac{R^3 - 5 \cdot R \cdot X_c(f)^2 - j \cdot 6 \cdot R^2 \cdot X_c(f) + j \cdot X_c(f)^3}{3 \cdot R^2 - X_c(f)^2 - j \cdot 4 \cdot R \cdot X_c(f)}$$
;

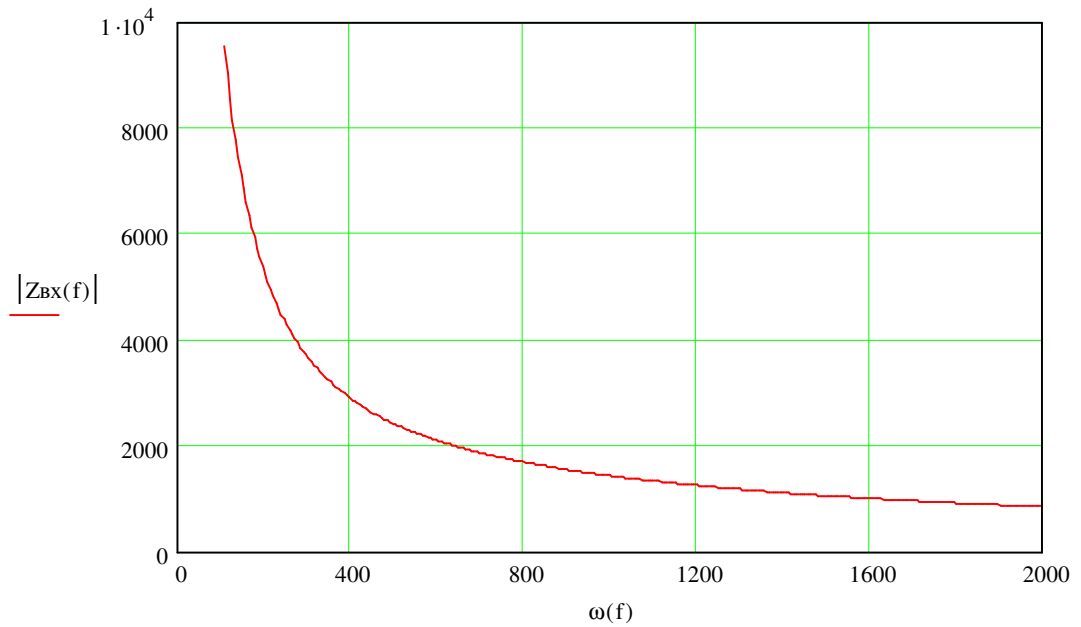
б) модуль комплекса $|Z_{вх}(f)|$;

в) аргумент комплекса $Z_{вх}(f)$: $\phi_z(f) := \arg(Z_{вх}(f))$.

Примечания.

- 1). Формулы для модуля и аргумента $Z_{вх}(f)$ можно не выводить, используя соответствующие возможности программы MathCad.
- 2). Аргумент комплекса необходимо задавать в виде $\arg(Z_{вх}(f))$, а не через выражение $\text{atan}(b/a)$, при котором программа выдает главный угол, не превышающий по модулю $\pi/2$.

6. В прямоугольной системе координат строятся входные частотные характеристики

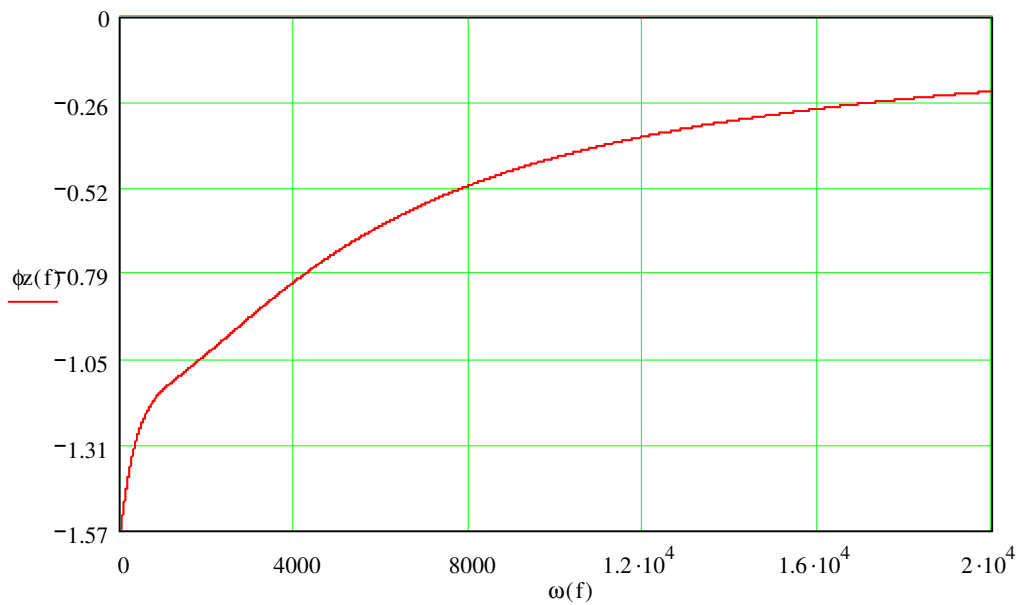


Проверка (расчет значений модуля $|Z_{вх}(f)|$ на различных частотах):

а) $|Z_{вх}(0.01 \cdot f_0)| = 2.45 \times 10^5 \text{ Ом};$

б) $|Z_{вх}(f_0)| = 2.83 \times 10^3 \text{ Ом};$

в) $|Z_{вх}(100 \cdot f_0)| = 335.812 \text{ Ом}.$



Проверка (расчет значений аргумента $Z_{вх}(f)$ на различных частотах):

а) $\phi_z(0.01 \cdot f_0) = -1.567 \text{ рад};$

б) $\phi_z(f_0) = -1.274 \text{ рад};$

в) $\phi_z(100 \cdot f_0) = -0.114 \text{ рад}.$

7) вводятся выражения для определения передаточных частотных характеристик

а) комплекс коэффициента передачи $K_u(f)$

$$K_u(f) := R^3 \cdot \left[\frac{R^3 - 5 \cdot R \cdot X_c(f)^2 - j \cdot (X_c(f)^3 - 6 \cdot R^2 \cdot X_c(f))}{(R^3 - 5 \cdot R \cdot X_c(f)^2)^2 + (X_c(f)^3 - 6 \cdot R^2 \cdot X_c(f))^2} \right];$$

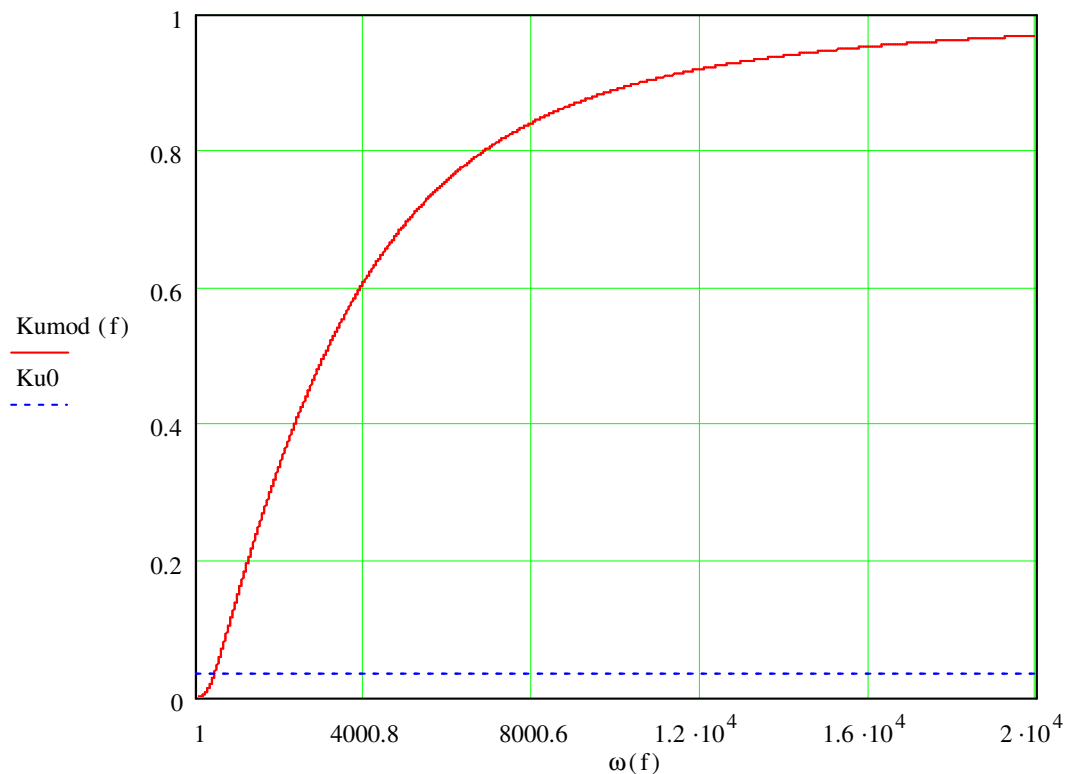
б) модуль комплекса K_u (можно использовать либо полученную предварительно формулу для модуля $K_u \text{ mod}(f)$, либо использовать, как ранее для $Z_{вх}(f)$, обозначение $|K_u(f)|$)

$$K_u \text{ mod}(f) := \frac{\omega(f)^3 \cdot \tau^3}{\sqrt{\omega(f)^6 \cdot \tau^6 + 26 \omega(f)^4 \cdot \tau^4 + 13 \omega(f)^2 \cdot \tau^2 + 1}};$$

в) аргумент комплекса K_u

$$\phi_{ku}(f) := \arg(K_u(f)); \quad \phi_{ku}(f) := \text{if}(\omega(f) \leq \omega_0, 2\pi + \arg(K_u(f)), \arg(K_u(f))).$$

8) в прямоугольной системе координат строятся передаточные частотные характеристики

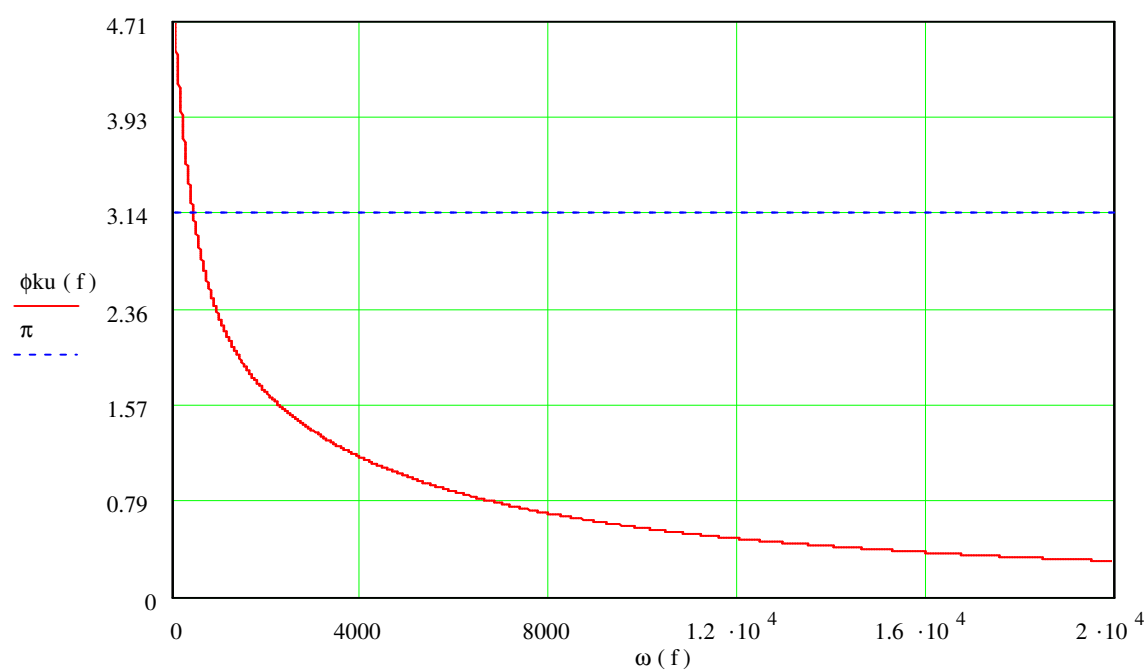


Проверка (расчет значений модуля $K_u \text{ mod}(f)$ на различных частотах):

а) $K_u \text{ mod}(0.01 \cdot f_0) = 6.803 \times 10^{-8}$;

б) $K_u \text{ mod}(f_0) = 0.034$;

в) $K_u \text{ mod}(100 f_0) = 0.992$.



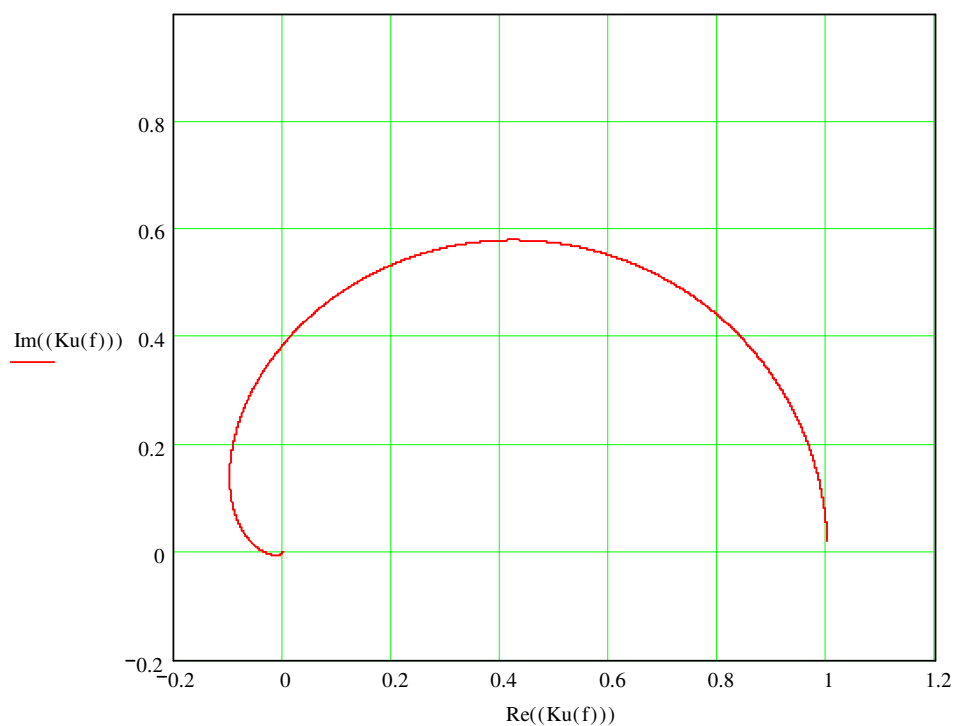
Проверка (расчет значений модуля $Ku \text{ mod}(f)$ на различных частотах):

$$\phi_{Ku}(0.01 \cdot f_0) = 4.692 \text{ рад};$$

$$\phi_{Ku}(0.9999 f_0) = 3.142 \text{ рад};$$

$$\phi_{Ku}(1000 f_0) = 0.015 \text{ рад}.$$

9) в прямоугольной системе координат строится годограф исследуемой цепи:



Годограф фазирующей цепи R -параллель в другом масштабе (для наглядности)

