

## Семинар 3

### Передаточные функции четырехполюсников

#### Вопросы

1. Дайте определения передаточных функций четырехполюсника.
2. Дайте определение амплитудно-частотной, фазо-частотной и амплитудно-фазовой характеристик.
3. Как по характеристикам анализировать свойства четырехполюсника?

#### Пример 1

Для четырехполюсника (рис. 1) рассчитать комплексные коэффициенты передачи по току в режиме короткого замыкания и по напряжению в режиме холостого хода. Для этих коэффициентов построить амплитудно-частотную характеристику (АЧХ), фазо-частотную характеристику (ФЧХ) и годограф. По АЧХ проанализировать свойства четырехполюсника.

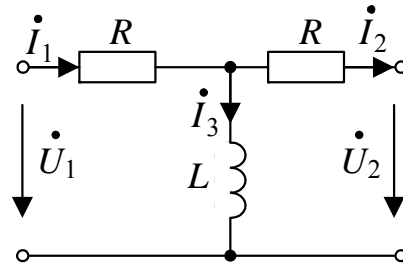


Рис. 1

#### Решение

Коэффициент передачи по напряжению равен отношению напряжения на выходе  $\dot{U}_2$  к напряжению на входе  $\dot{U}_1$  четырехполюсника (рис. 1):

$$\underline{K}_U(j\omega) = \frac{\dot{U}_2}{\dot{U}_1} = \frac{j\omega L}{j(R + j\omega L)} = \frac{\omega L(\omega L + jR)}{(\omega L)^2 + (R)^2} = \frac{\omega L}{\sqrt{(\omega L)^2 + (R)^2}} e^{j\left(\arctg \frac{R}{\omega L}\right)}.$$

Коэффициент передачи по току равен отношению тока  $\dot{I}_2$  на выходе четырехполюсника к току  $\dot{I}_1$  на его входе. Расчет токов выполним для схемы (рис. 2), исходя из уравнений Кирхгофа:

$$\dot{I}_2 R = \dot{I}_3 j\omega L, \quad \dot{I}_1 = \dot{I}_2 + \dot{I}_3; \quad \dot{I}_2 = \dot{I}_1 \frac{j\omega L}{R + j\omega L}.$$

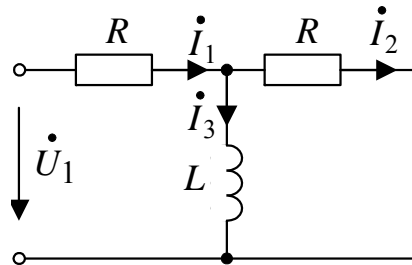


Рис. 2

Таким образом, коэффициент

$$\underline{K}_I = \frac{\dot{I}_2}{\dot{I}_1} = \frac{j\omega L}{R + j\omega L} = \frac{\omega L}{\sqrt{(\omega L)^2 + (R)^2}} e^{j\left(\arctg \frac{R}{\omega L}\right)}.$$

Амплитудно-частотную характеристику вычисляют как модуль комплексного коэффициента передачи, фазо-частотную характеристику – как аргумент этого коэффициента

$$K(\omega) = \frac{\omega L}{\sqrt{(\omega L)^2 + (R)^2}}; \quad \varphi(\omega) = \arctg \frac{R}{\omega L}.$$

При  $R \gg \omega L$  амплитудно-частотная характеристика имеет вид  $K(\omega) = \omega L / R$ , что соответствует дифференцирующей цепи.

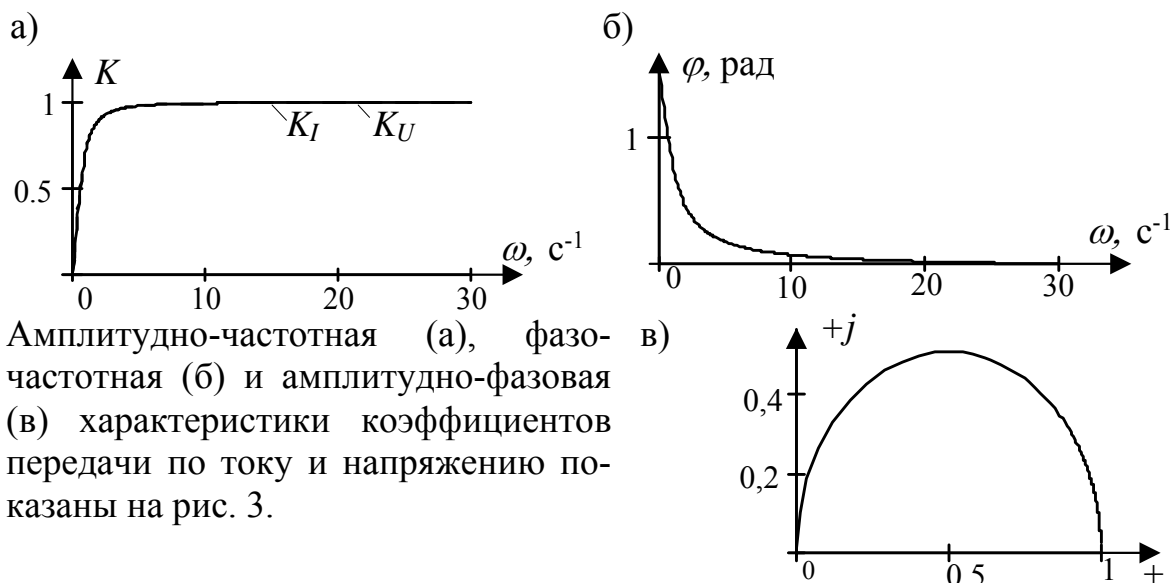


Рис. 3

### Задачи

1. Определить коэффициент передачи по току четырехполюсника (рис. 4), если  $R_H=4$  Ом,  $X_C=4$  Ом,  $X_L=2$  Ом.

Ответ:  $\underline{K}_I = 0.5 - 0.5j$ .

2. Найти комплексный коэффициент передачи по напряжению четырехполюсника (рис. 5). Построить его амплитудно-частотную, фазо-частотную и амплитудно-фазовую характеристики. При каких условиях можно осуществить интегрирование или дифференцирование входного сигнала?

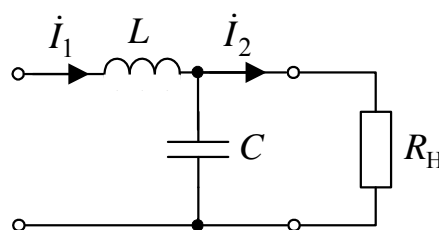


Рис. 4

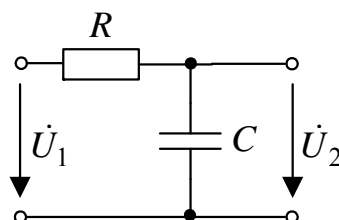


Рис. 5

Ответ:  $\underline{K}_U = \frac{-j}{R\omega C - j}$  (рис. 6в),  $K_U(\omega) = \frac{1}{\sqrt{1 + (R\omega C)^2}}$  (рис. 6а),

$\varphi(\omega) = -\frac{\pi}{2} + \arctg\left(\frac{1}{R\omega C}\right)$  (рис. 6б). При  $R\omega C \gg 1$  осуществляется интегрирование, дифференцирование невозможно.

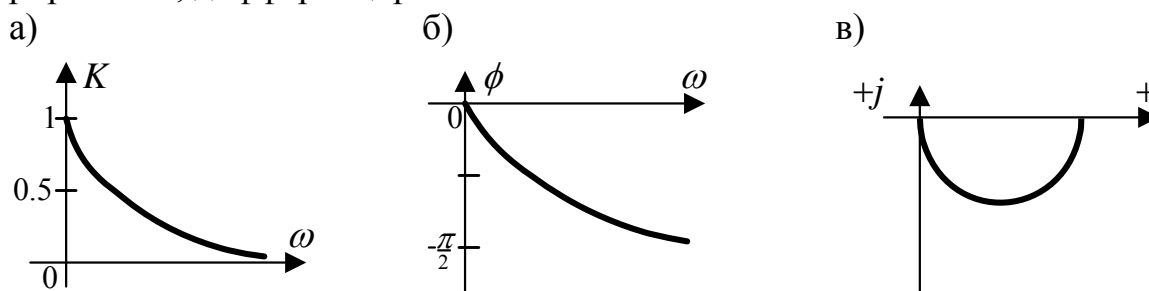


Рис. 6