

# Исследование динамических характеристик средств измерений в среде VisSim и Mathcad

Иван СЫТЬКО,  
к. т. н.

Исследована зависимость переходной характеристики линейных средств измерений от коэффициента затухания. Построены амплитудно-частотная и фазочастотная характеристики, а также годограф устойчивости средств измерений в зависимости от коэффициента затухания. Результаты исследований могут быть полезны при проектировании оптимальных по быстродействию или динамической точности измерительных приборов и систем.

В статье анализируются вопросы исследования динамических характеристик линейных средств измерений с использованием программных продуктов VisSim и Mathcad. В качестве примера рассмотрена оптимизация параметров прибора прямого действия, передаточная функция которого имеет вид:

$$K(p) = \frac{K}{1 + 2\xi Tp + T^2 p^2}, \quad (1)$$

где  $K$  — коэффициент усиления;  $T$  — постоянная времени;  $\xi$  — коэффициент затухания (демпфирования).

К полным динамическим характеристикам аналоговых средств измерений [1], которые можно рассматривать как линейные, относятся:

- переходная характеристика  $h(t)$ ;
- импульсная переходная характеристика  $g(t)$ ;
- амплитудно-фазовая характеристика  $K(j\omega)$ :

$$K(j\omega) = \frac{K_0(1 - T^2\omega^2) - j\xi K_0 T\omega}{(1 - T^2\omega^2)^2 + (2\xi T\omega)^2};$$

- амплитудно-частотная характеристика  $K(\omega)$ :

$$K(\omega) = \frac{\sqrt{K_0^2(1 - T^2\omega^2)^2 + (2\xi K_0 T\omega)^2}}{(1 - T^2\omega^2)^2 + (2\xi K_0 T\omega)^2};$$

- фазочастотная характеристика  $\varphi(\omega)$ :

$$\varphi(\omega) = \operatorname{arctg} \frac{2\xi T\omega}{1 - T^2\omega^2}, \quad \text{при } K > 0;$$

- передаточная функция  $K(p)$ .

Переходная характеристика средства измерения с передаточной функцией (1) и коэффициентом затухания  $\xi$ , равном 0,2–0,9, в среде VisSim приведена на рис. 1. А на рис. 2 пред-

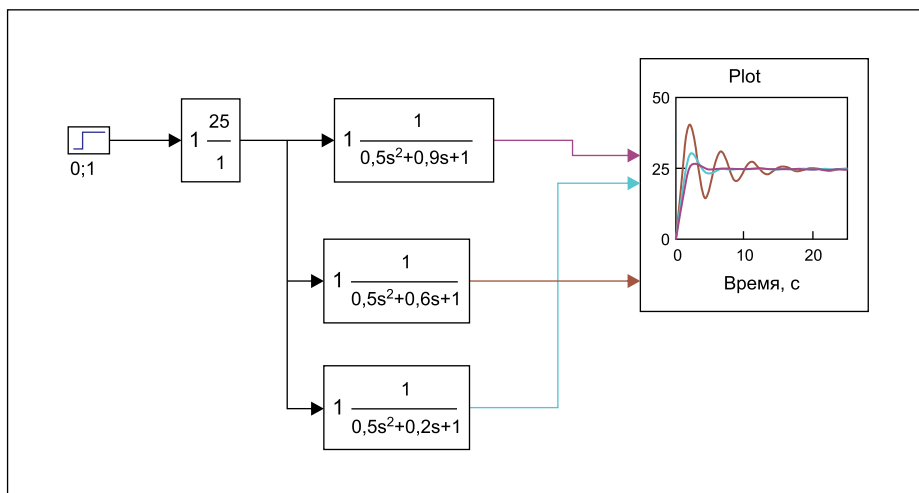


Рис. 1. Переходная характеристика имитационной модели средства измерения с передаточной функцией колебательного и усилительного звеньев при коэффициенте затухания  $\xi$ , равном 0,9; 0,6 и 0,2

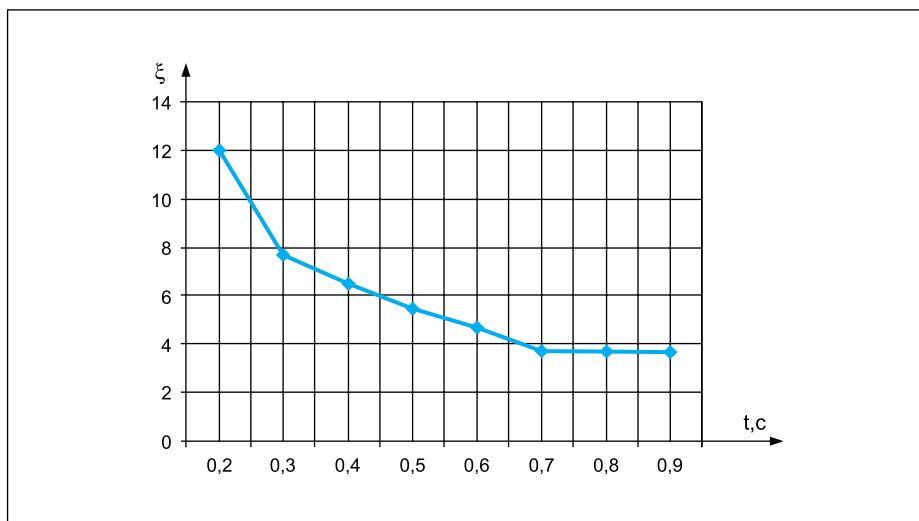


Рис. 2. Зависимость длительности переходного процесса от коэффициента затухания

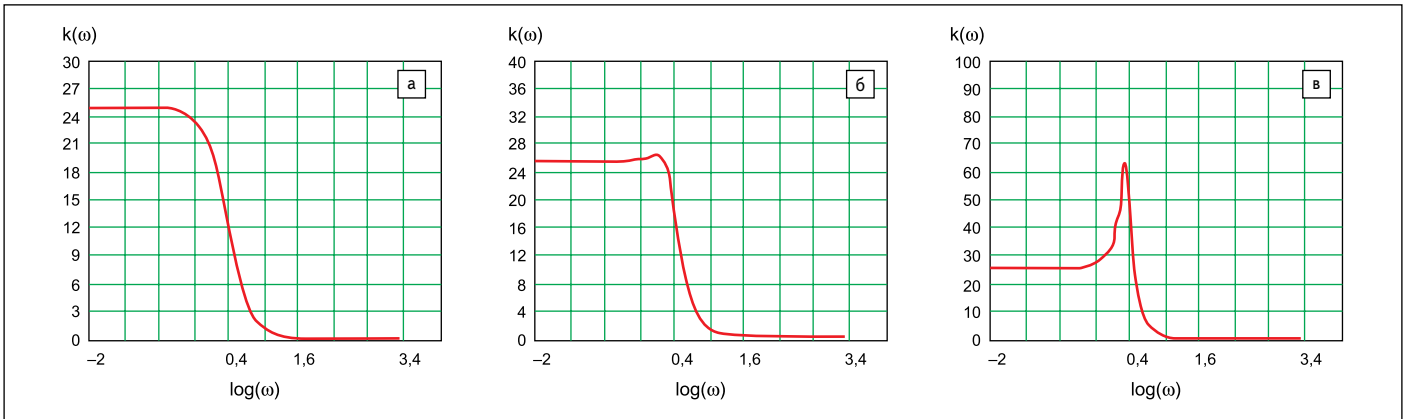


Рис. 3. Амплитудно-частотная характеристика средства измерения с передаточной функцией колебательного и усилительного звеньев при  $T = 0,5$  с,  $K = 25$  и коэффициенте затухания: а)  $\xi = 0,9$ ; б)  $\xi = 0,6$ ; в)  $\xi = 0,2$

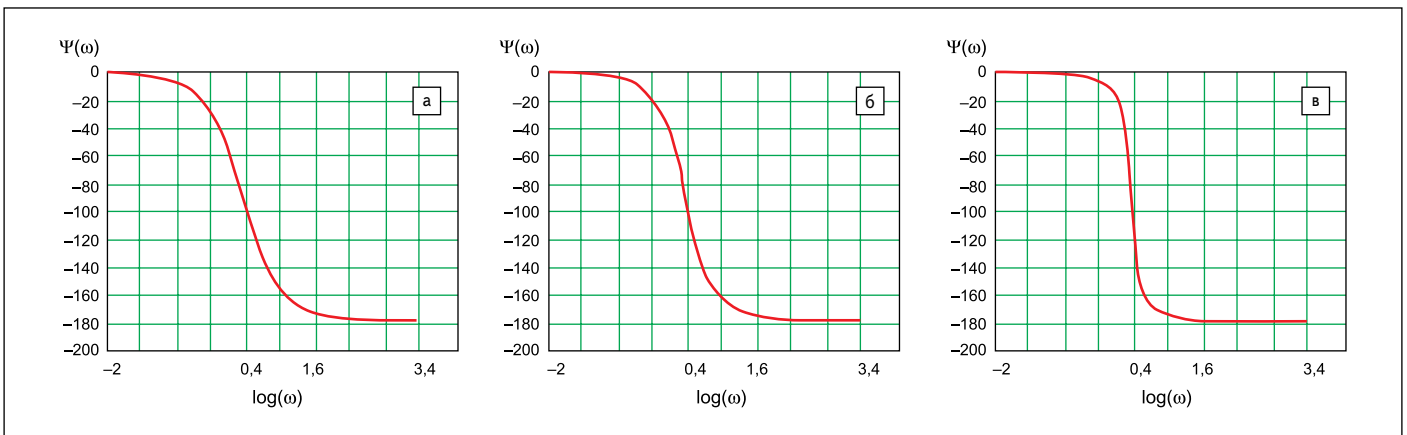


Рис. 4. Фазочастотная характеристика средства измерения с передаточной функцией колебательного и усилительного звеньев при  $T = 0,5$  с,  $K = 25$  и коэффициенте затухания: а)  $\xi = 0,9$ ; б)  $\xi = 0,6$ ; в)  $\xi = 0,2$

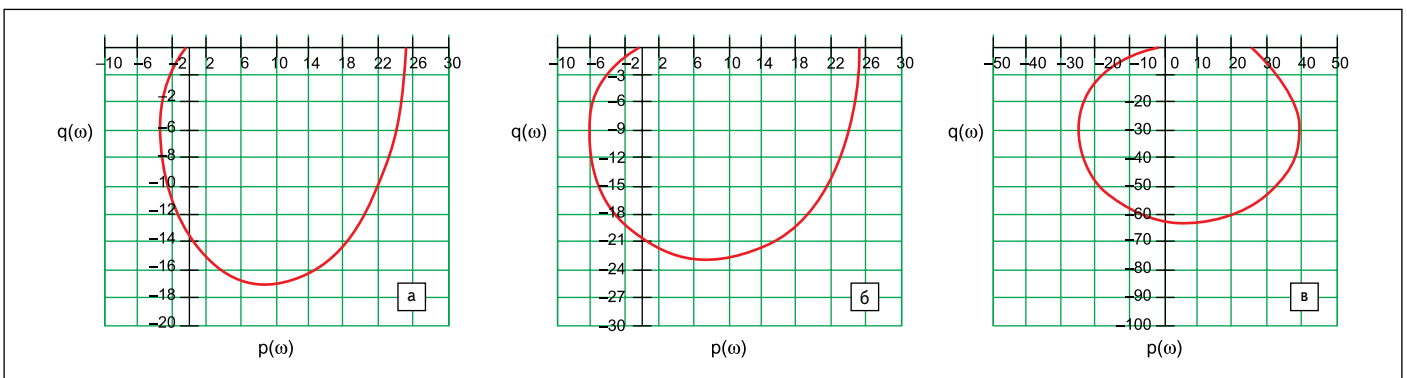


Рис. 5. Годограф средства измерения с передаточной функцией колебательного и усилительного звеньев при  $T = 0,5$  с,  $K = 25$  и коэффициенте затухания: а)  $\xi = 0,9$ ; б)  $\xi = 0,6$ ; в)  $\xi = 0,2$

ставлен график зависимости длительности переходного процесса от коэффициента затухания  $\xi$ .

Амплитудно-частотная характеристика средства измерения с передаточной функцией (1) и коэффициентом затухания  $\xi$ , равным 0,2–0,9, в среде Mathcad приведена на рис. 3.

Фазочастотная характеристика средства измерения с передаточной функцией (1) и коэффициентом затухания  $\xi$ , равным 0,2–0,9, в среде Mathcad представлена на рис. 4.

Годограф устойчивости средства измерения с передаточной функцией (1) и коэффициентом затухания  $\xi$ , равным 0,2–0,9, в среде Mathcad приведен на рис. 5.

Таким образом, результаты исследования имитационной модели средства измерения в среде VisSim показали, что с точки зрения минимизации длительности переходного процесса наилучшим является средство измерения, у которого коэффициент затухания  $\xi$  равен 0,65–0,85. При уменьшении

коэффициента затухания переходный процесс становится колебательным с частотой свободных колебаний  $\omega_{св}$  и амплитудой, затухающей по экспоненте, а длительность переходного процесса существенно увеличивается.

В свою очередь расчеты в среде Mathcad показали, что наибольшей крутизной обладают частотные характеристики средства измерения, которое имеет наименьший коэффициент затухания ( $\xi = 0,2$ ). Оптимальные

характеристики с точки зрения крутизны частотных характеристик и равномерности амплитудно-частотной характеристики имеет средство измерения с коэффициентом затухания  $\xi$ , равным 0,6.

Следовательно, для минимизации переходного процесса, наибольшей крутизны частотных характеристик и равномерности амплитудно-частотной характеристики необходимо проектировать средство измерения, у которого коэффициент затухания  $\xi$  составляет 0,65–0,85. ■

### Литература

1. ГОСТ 8.009-84 «ГСИ. Нормируемые метрологические характеристики средств измерений».
2. Никулин Е. А. Основы теории автоматического управления. Частотные методы анализа и синтеза систем: Учебное пособие для вузов. СПб.: БХВ-Петербург, 2012.