

Дисциплина  
««КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ  
ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ,  
КОМПЛЕКСОВ И СИСТЕМ»»»

Лектор:  
К.т.н., доцент ОЭЭ ИШЭ ТПУ  
Воронина Наталья Алексеевна

## Оценка качества при гармонических воздействиях

Качество переходных процессов в системах и объектах при гармонических воздействиях оценивают по частотным характеристикам, снятым экспериментально или рассчитанным по параметрам математической модели. В этом случае получают частотные критерии качества переходных процессов, которые относят к косвенным критериям.

Частотные критерии определяют по одной из частотных характеристик: амплитудно-фазовой, амплитудной, вещественной или логарифмической амплитудной. Рассмотрим в качестве основы определение косвенных показателей качества по амплитудной частотной характеристике (АЧХ) систем.

1.  $M$  – показатель колебательности, определяемый как отношение максимального значения АЧХ к ее значению при  $\omega = 0$

$$M = \frac{|W(j\omega)|_{\max}}{|W(j\omega)|_0}$$

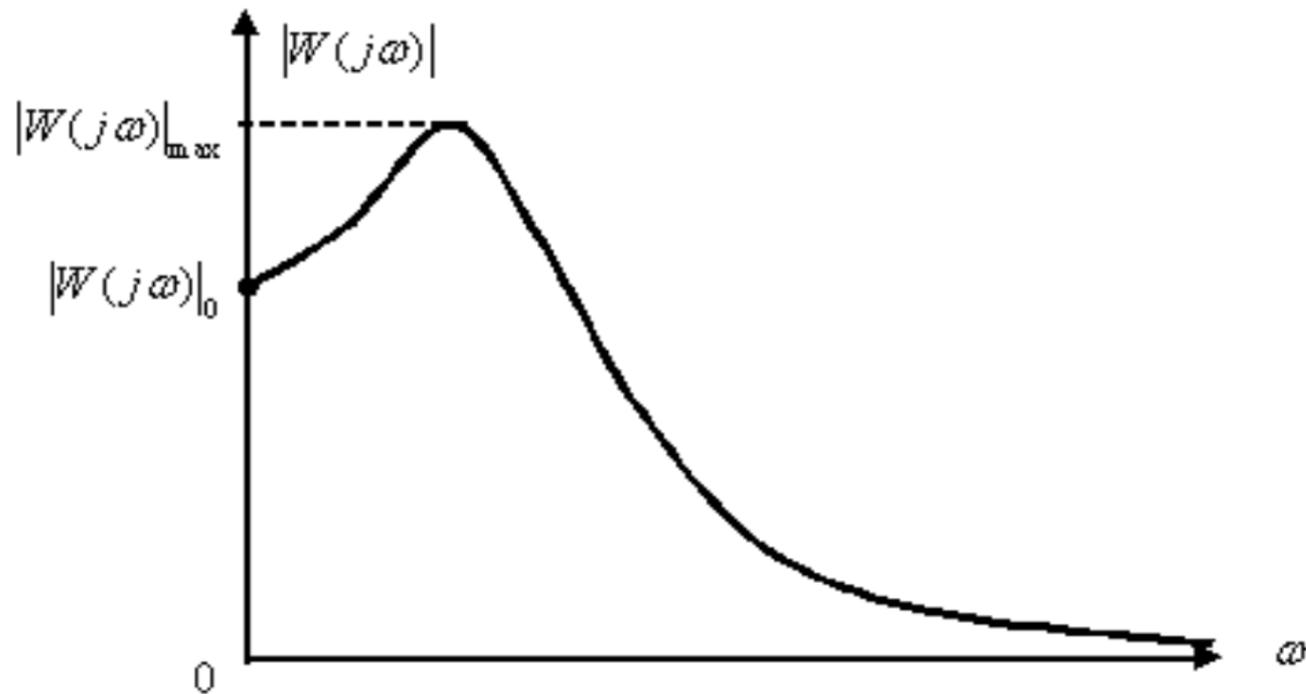


Рис. 1

Показатель колебательности характеризует склонность систем или объектов к колебательности. Чем выше показатель колебательности, тем более колебательна система, то есть менее качественна.

При  $M < 1$  переходная характеристика системы неколебательная, а АЧХ системы имеет примерный вид, показанный на рис. 2.

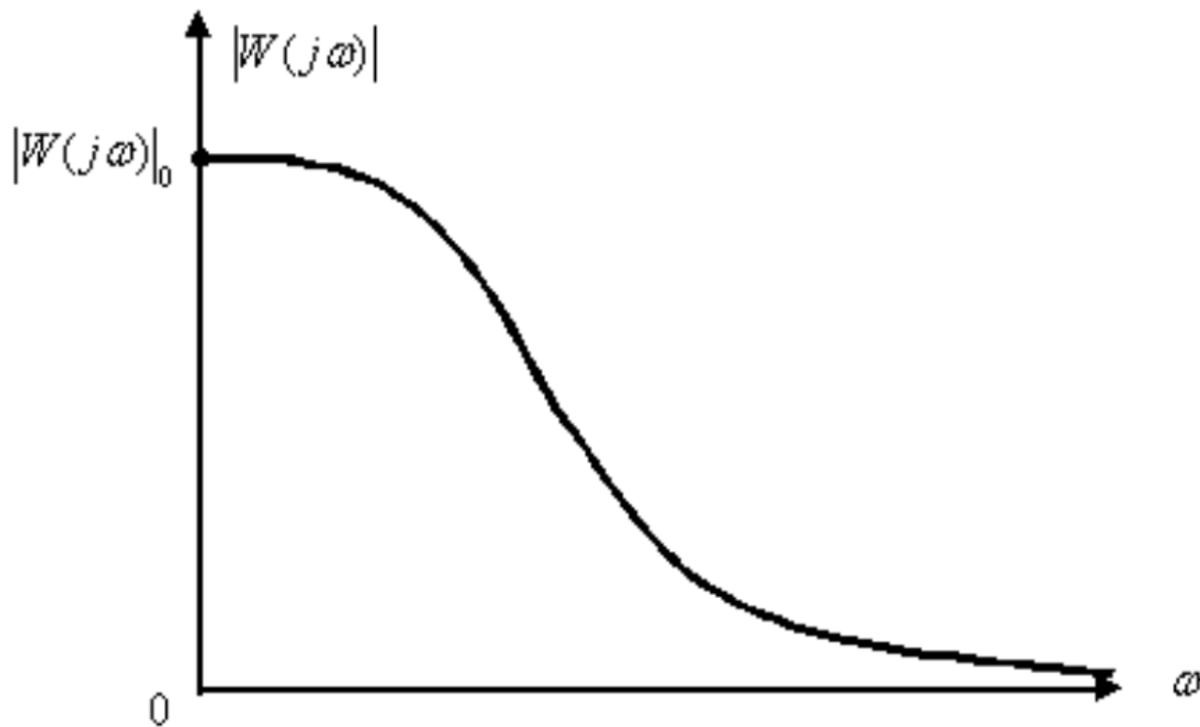


Рис. 2

Если  $M \rightarrow \infty$ , то говорят о незатухающих колебаниях переходной характеристики, а АЧХ системы имеет вид, показанный на рис. 3.

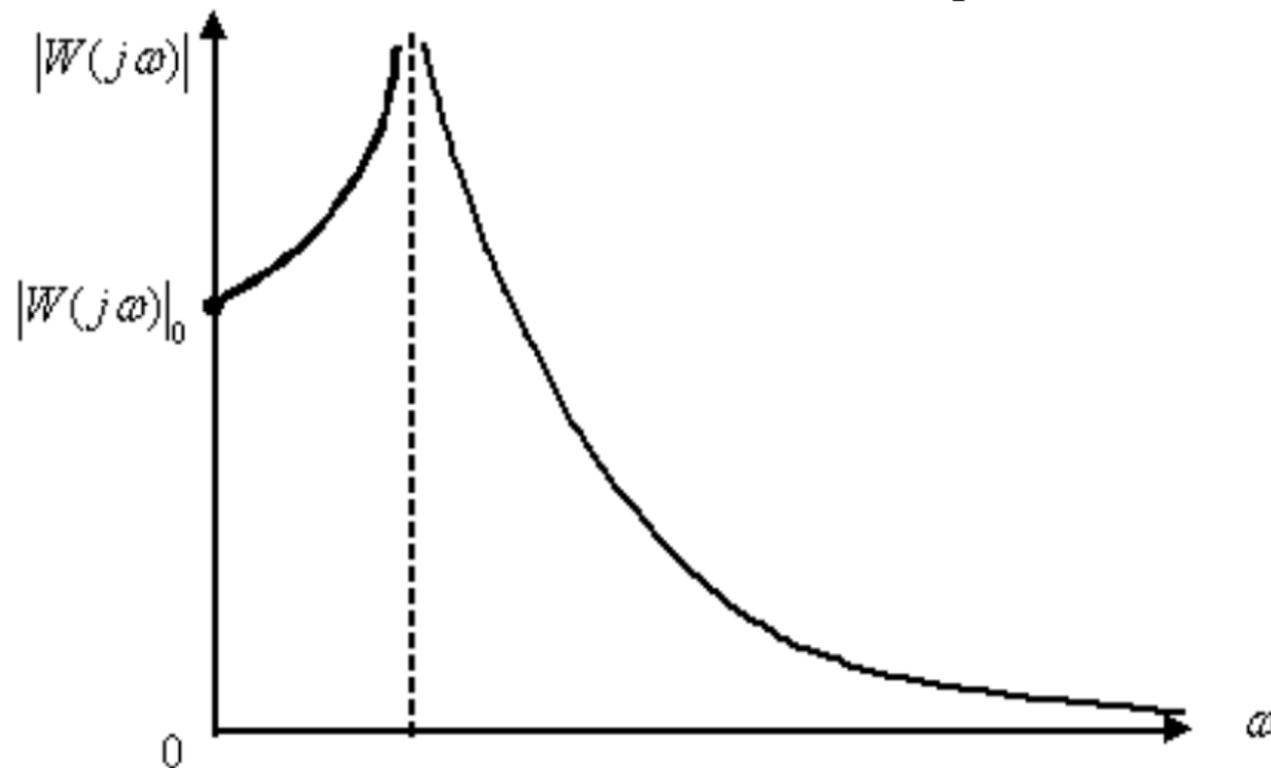
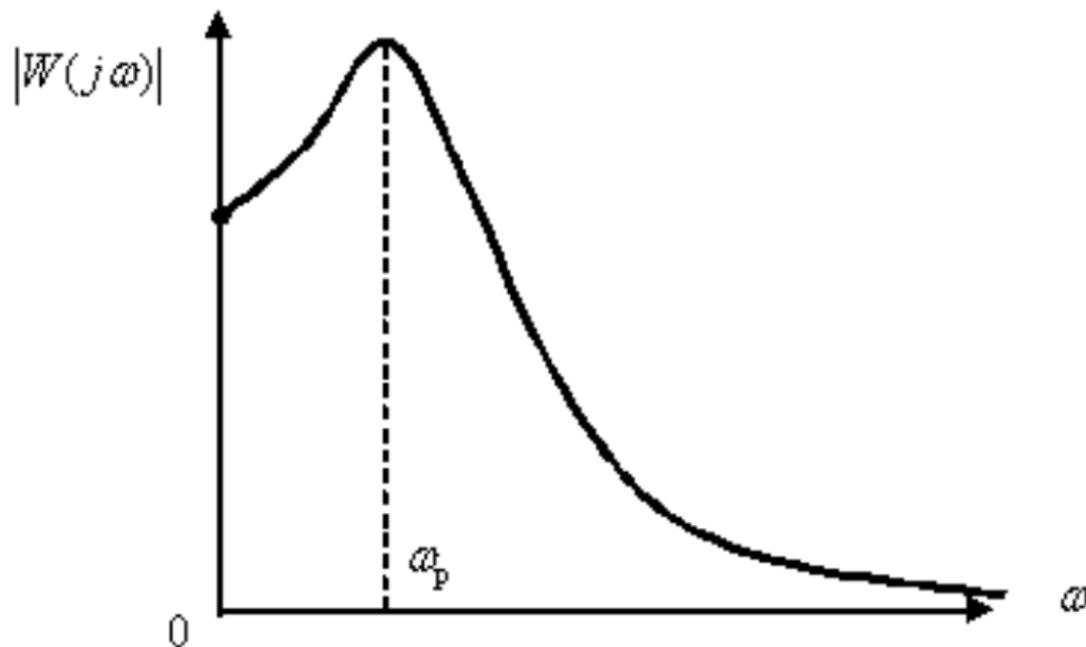


Рис. 3

Считается допустимым, если  $1,1 \leq M \leq 1,5$ .

2.  $\omega_p$  – резонансная частота системы или объекта, при которой АЧХ имеет максимум.



При  $\omega_p$  гармонические сигналы проходят через систему с наибольшим усилением.

3. Полоса пропускания системы управления – это интервал частот от  $\omega = 0$  до частоты  $\omega_0$ , в котором выполняется условие

$$|W(j\omega)| \geq 0,707 \cdot |W(j\omega)|_0.$$

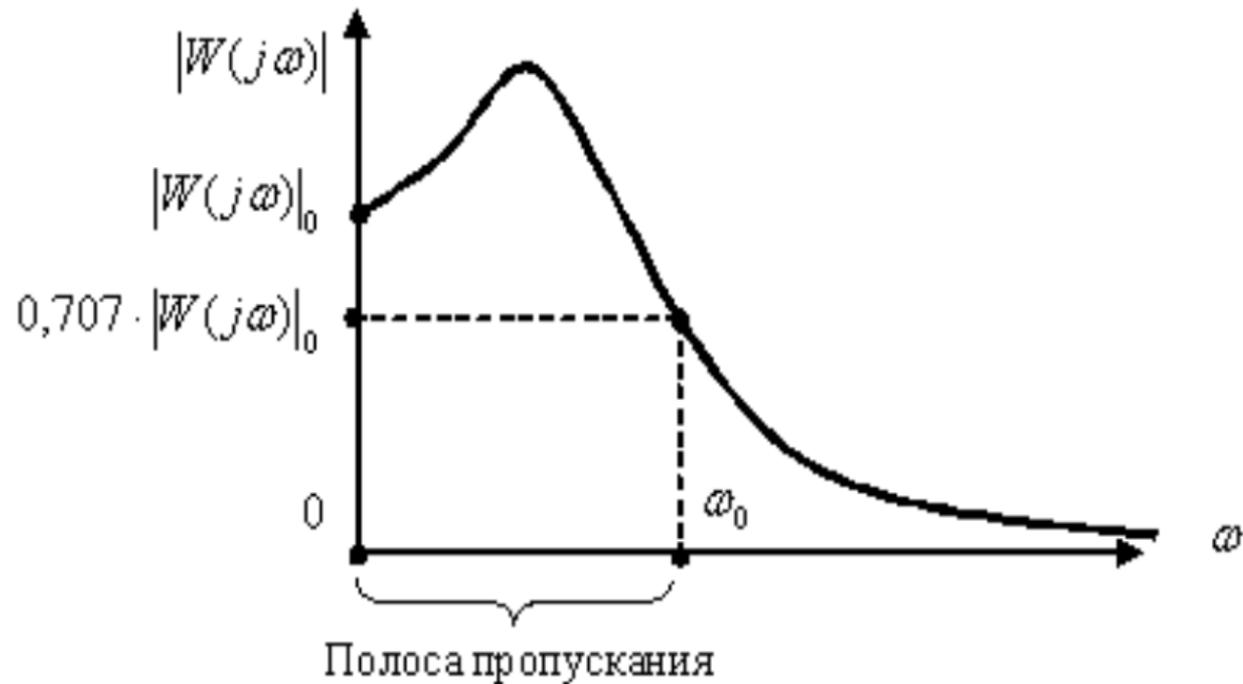


Рис. 4

Полоса пропускания систем не должна быть очень широкой, чтобы не проходили высокочастотные помехи. С другой стороны, чем выше частота сигналов, которые пропускает система, тем выше ее быстродействие. В электроприводах полосу пропускания задают в герцах, для систем управления скоростью вращения двигателя полоса пропускания, в зависимости от типа двигателя и преобразователя энергии, находится в диапазоне  $f_0 = 50 \div 150$  Гц,

$$f_0 = \frac{\omega_0}{2\pi},$$

при этом накладывається дополнительное ограничение о том, что фазочастотная характеристика в полосе пропускания не должна опускаться ниже  $-90^\circ$ .

4.  $\omega_{\text{ф}}$  – частота среза, при которой АЧХ системы принимает значение, равное единице

$$|W(j\omega)|_{\omega=\omega_{\text{ф}}} = 1,$$

как это показано на рис. 5.

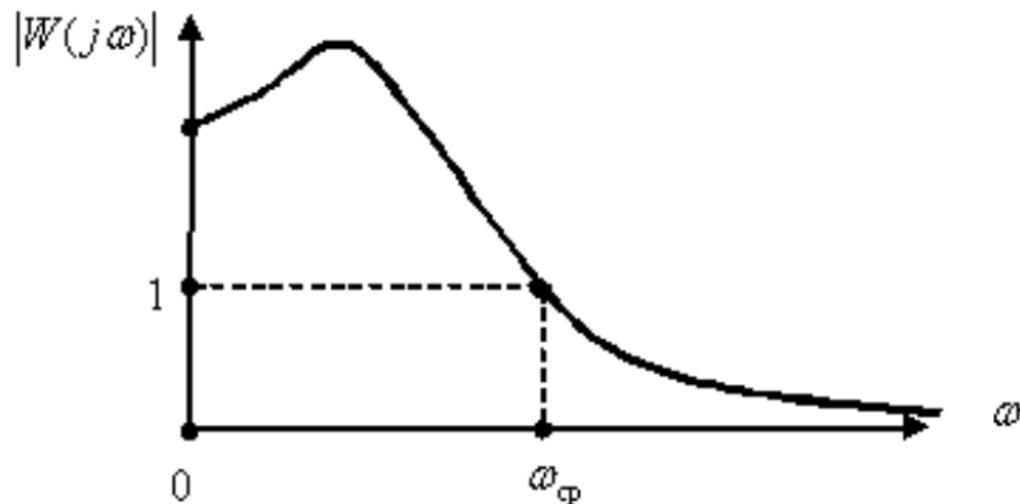


Рис. 5

$\omega_{\text{ф}}$  косвенно характеризует длительность переходного процесса, так же как и  $\omega_0$ .

Время регулирования системы обратно пропорционально частоте среза –

$$t_p \cong (1 \div 2) \frac{2\pi}{\omega_{\text{Ф}}},$$

если переходный процесс имеет  $1 \div 2$  колебания, то можно установить связь между частотой среза  $\tau$  временем достижения первого максимума –

$$t_m \cong \frac{2\pi}{\omega_{\text{Ф}}}.$$

Полоса среза, как характеристика быстродействия систем получила распространение, так как она легко определяется на логарифмических частотных характеристиках (см. рис. 6).

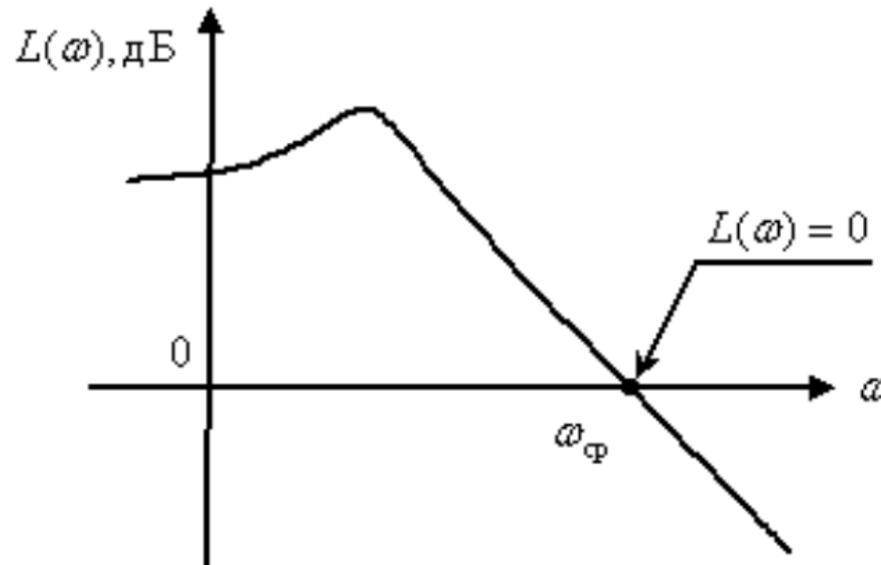


Рис. 6

## Интегральные оценки качества

Интегральными оценками качества переходного процесса систем управления называют интегралы по времени от некоторых функций переходного процесса изменения ошибки регулирования.

Рассмотрим скалярную линейную систему, показанную на рис. 7. На вход управления системы поступает ступенчатый сигнал с амплитудой  $X_{\text{зад}}$ , система предназначена для стабилизации заданного значения регулируемой переменной  $X$ , на систему так же может действовать скалярное ступенчатое возмущение  $Z(t)$  стремящееся снизить значение регулируемой переменной.

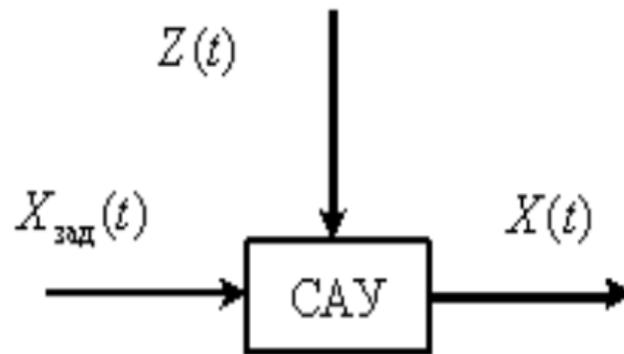


Рис. 7

Примерный вид графиков переходных процессов регулируемой величины  $X(t)$  и ошибки регулирования –

$$e(t) = X_{\text{зад}} - X(t),$$

показаны соответственно на рис. 8 и 9.

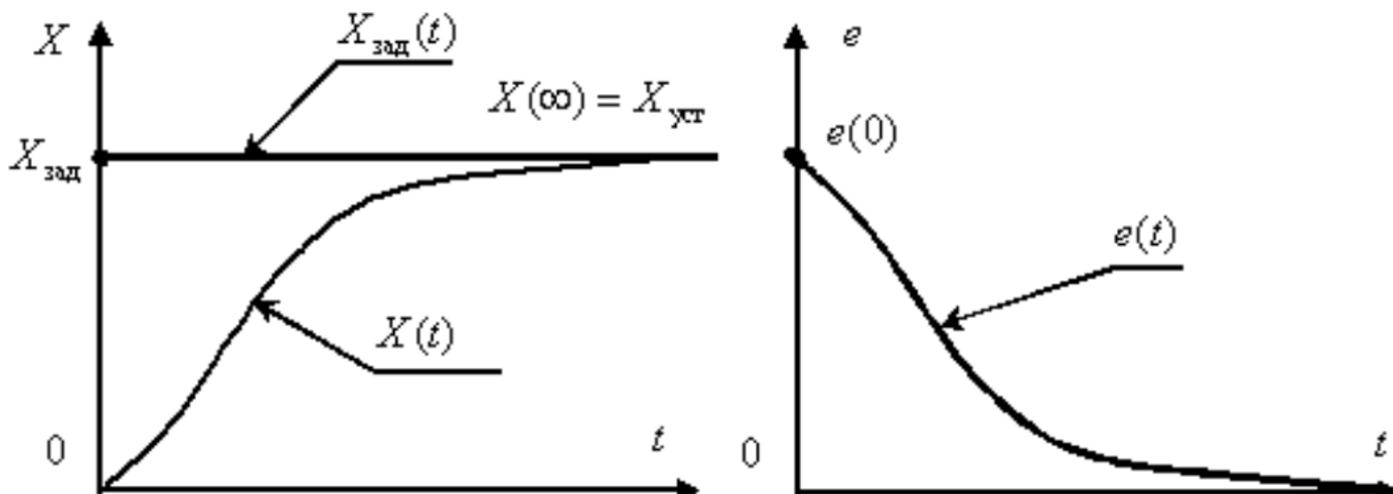


Рис. 8

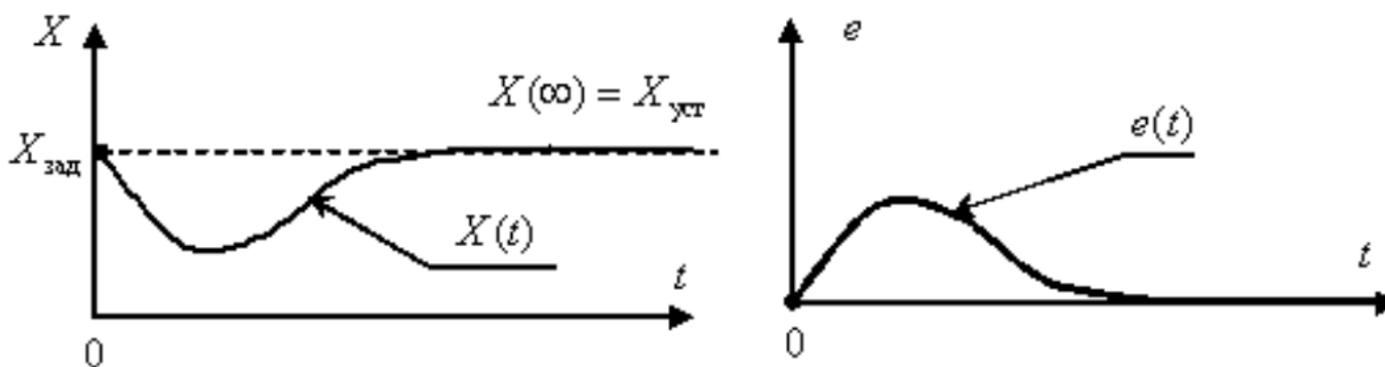


Рис. 9

Основные области применения интегральных оценок в теории автоматического управления:

1. Общая оценка быстроты затухания и величины отклонения регулируемой величины в совокупности, без определения того и другого в отдельности.
2. Выбор при синтезе параметров систем, обеспечивающих оптимальность переходного процесса с точки зрения достижения минимума интегральных оценок.

Простейшей интегральной оценкой может служить линейная интегральная оценка следующего вида –

$$I_1 = \int_0^{\infty} e(t) dt .$$

Геометрическая интерпретация этого интеграла представляет собой площадь под кривой  $e(t)$ , как это показано на рис. 10 для переходных процессов изменения ошибки при управлении и возмущении.

---

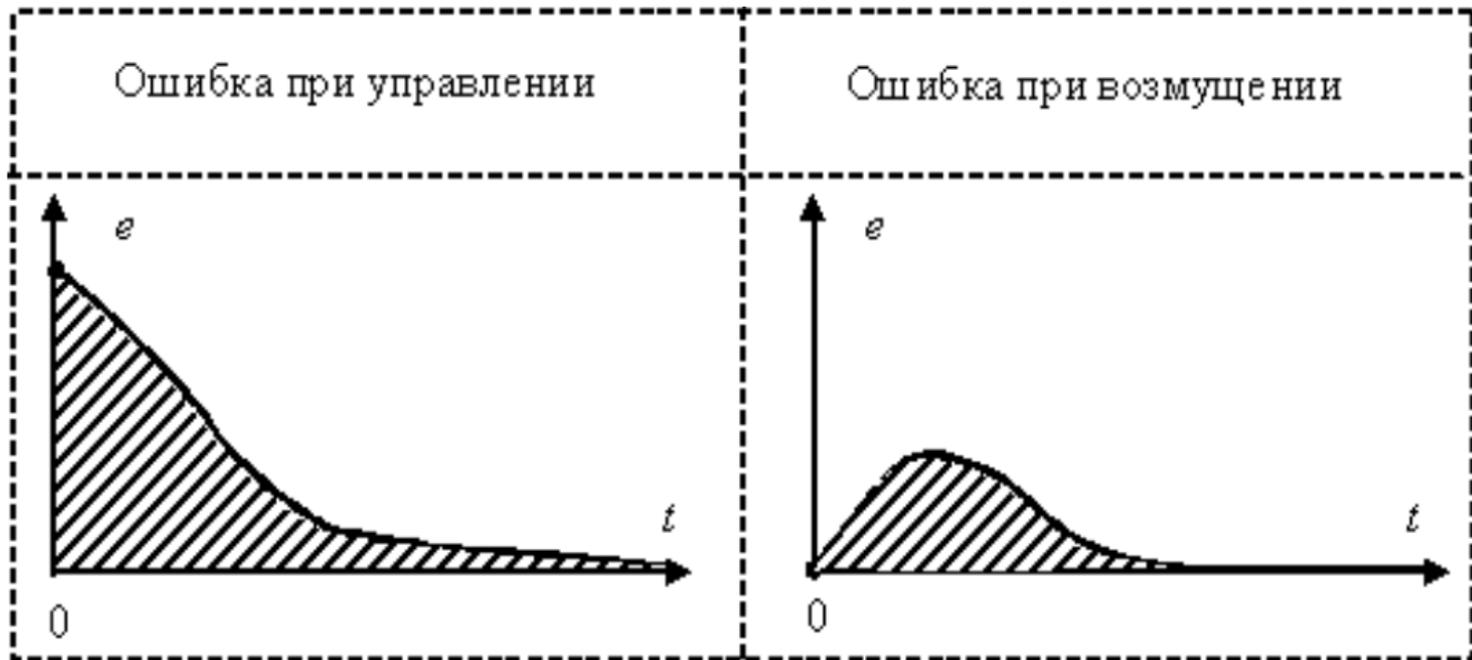


Рис. 10

Если система управления устойчива и обладает свойством астатизма, тогда

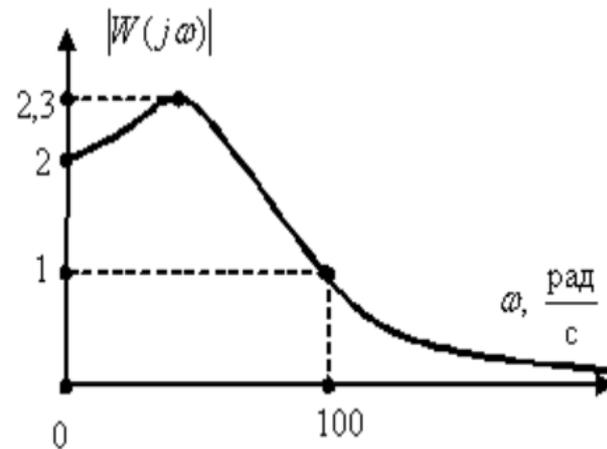
$$\lim_{t \rightarrow \infty} e(t) = 0,$$

а интеграл  $I_1$  стремится к конечному значению, равному площади под кривой  $e(t)$ .

Параметры системы управления стремятся выбирать таким образом, чтобы добиться минимума  $I_1$ , при этом идеальный переходный процесс будет стремиться к идеальной ступенчатой форме.

## Контрольные вопросы и задачи

1. Как определить показатель колебательности по АЧХ системы?
2. Как определить частоту среза и полосу пропускания по АЧХ?
3. Как соотносятся частота среза системы и ее быстродействие?
4. Дайте определение линейной интегральной оценке, укажите ее достоинства и недостатки.
5. Почему для интегральных оценок переходного процесса используют график изменения ошибки регулирования?
6. По графику АЧХ системы

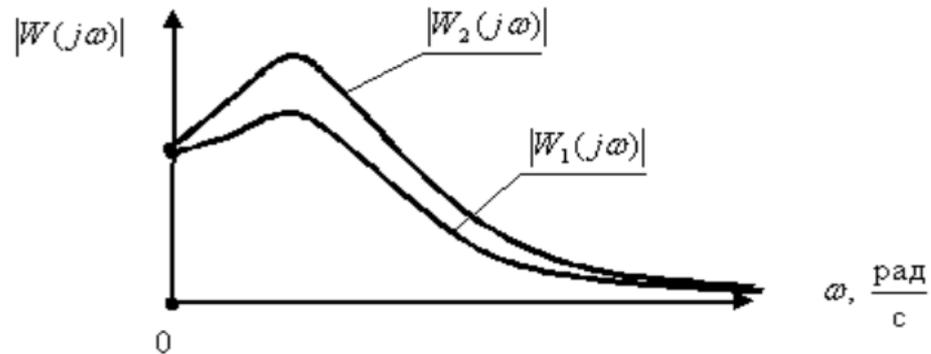


определить показатель колебательности и частоту среза системы.

*Ответ:*

Показатель колебательности  $M = 1,15$ , частота среза  $\omega_{\text{ср}} = 100 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$ .

1. По графикам АЧХ двух систем: САУ1 –  $|W_1(j\omega)|$ , САУ2 –  $|W_2(j\omega)|$ ,

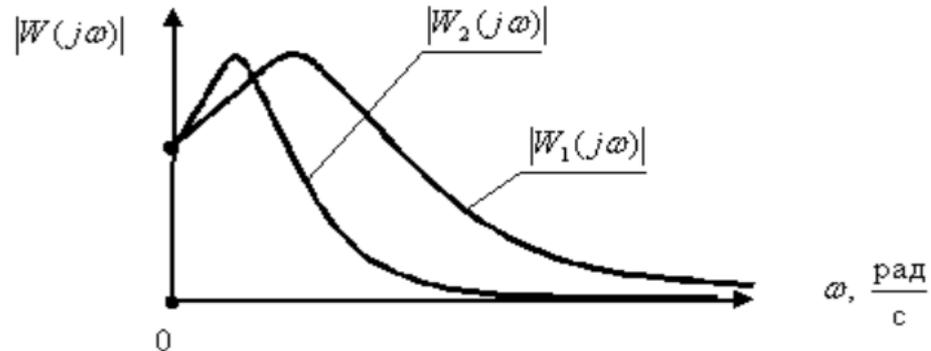


определить систему управления, переходные процессы которой имеют большую колебательность.

*Ответ:*

Большую колебательность переходных процессов имеет система САУ2.

1. По графикам АЧХ двух систем: САУ1 –  $|W_1(j\omega)|$ , САУ2 –  $|W_2(j\omega)|$ ,



определить систему управления, которая имеет большее быстродействие.

*Ответ:*

Большую колебательность переходных процессов имеет система САУ1.

Спасибо за внимание!