

УДК 621.311:618.5

Методы исследования качества систем автоматического регулирования

Цылин А.С.

Научный руководитель – к.т.н., доцент РУМЯНЦЕВ В.Ю.

При исследовании систем автоматического регулирования (САР) приходится решать задачу обеспечения требуемых показателей качества переходного процесса: быстродействия, колебательности, перерегулирования, характеризующих точность и плавность протекания процесса. Переходный процесс в системе является ее реакцией на внешнее воздействие, которое в общем случае может быть сложной функцией времени. Однако особенно важна переходная характеристика САР, представляющая собой реакцию системы на единичное скачкообразное воздействие (единичную ступенчатую функцию). Показатели качества, определяемые непосредственно по кривой переходного процесса, называют прямыми оценками качества.

Основные способы получения графиков переходных процессов при использовании системы *Mathcad*:

1) Непосредственное решение исходного дифференциального уравнения (ДУ):

При использовании системы *Mathcad* непосредственно само решение дифференциального уравнения с помощью встроенной функции *odesolve* не вызывает трудностей, однако нахождение коэффициентов ($a_0 \dots a_n$) для уравнений высоких порядков является достаточно трудоемкой задачей.

2) Применение символьных вычислений:

В *Mathcad* для символьных вычислений при помощи команд предназначено главное меню *Symbolics*, объединяющее математические операции, которые *Mathcad* выполняет аналитически.

Стоит отметить, что символьное решение является довольно громоздким и не пригодно для решения многих сложных функций.

3) Использование частотных характеристик

При воздействии на систему единичной ступенчатой функции $g(t)=1(t)$ выходная величина, являющаяся переходной характеристикой системы $h(t)$, определяется через вещественную частотную (ВЧХ) или мнимую частотную характеристику (МЧХ) замкнутой системы

$$x(t) = h(t) = \frac{2}{\pi} \int_0^{\infty} \frac{P(\omega)}{\omega} \sin \omega t d\omega, \quad (1)$$

$$x(t) = h(t) = \frac{2}{\pi} \int_0^{\infty} \frac{Q(\omega)}{\omega} \cos \omega t d\omega + p(0), \quad (2)$$

где $P(\omega)$ и $Q(\omega)$ – ВЧХ и МЧХ замкнутой САУ соответственно.

С точки зрения удобства и простоты реализации, этот метод наиболее предпочтителен.

Графики переходных процессов, полученные рассмотренными выше способами, приведены на рисунке 1.

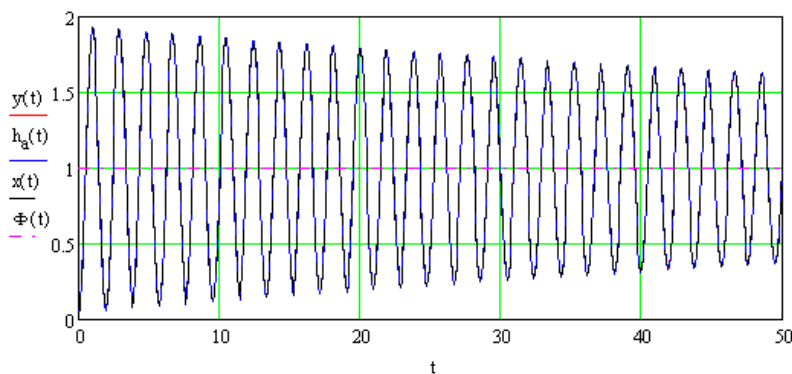


Рис. 1. Сравнение графиков переходных процессов

Из рисунка видно, что графики переходных процессов совпадают. Однако это наблюдается, только если исследуемая САР работает с коэффициентом усиления, значение которого меньше предельного ($K < K_{пред}$). Если же $K > K_{пред}$, то график переходного процесса, полученный по ВЧХ или МЧХ не соответствует действительности (имеет сходящийся характер, а не расходящийся). Это проиллюстрировано на рисунке 2.

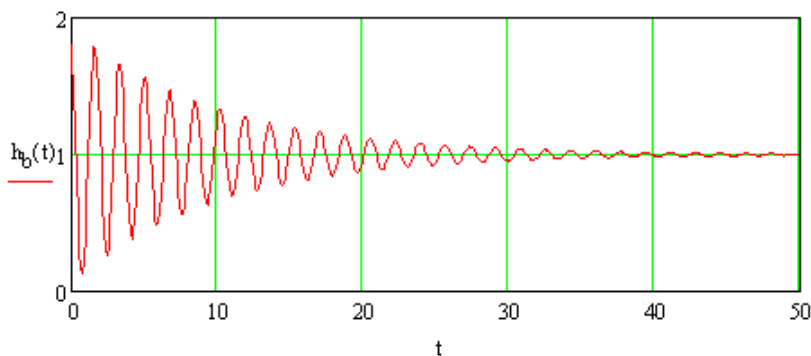


Рис. 2. Переходный процесс, полученный по МЧХ при $K > K_{пред}$

В связи с этим необходимо найти способ различать состояние системы (устойчива она или нет) при использовании метода частотных характеристик.

После ряда экспериментов обнаружено, что по разности переходных процессов, построенных по ВЧХ и МЧХ можно судить об устойчивости системы. А именно: система устойчива, если указанная выше разность не превышает значений, которые можно отнести к погрешностям расчета.

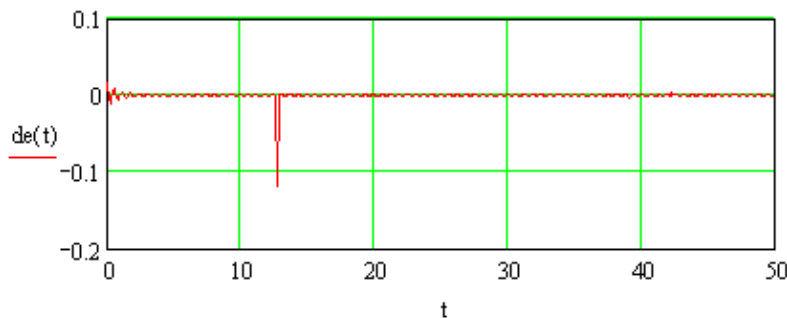


Рис. 3. График разности ВЧХ и МЧХ при $K < K_{пред}$

Скачок разности ВЧХ и МЧХ на рис.3 в области $t=13$ можно отнести к особенностям процесса расчета и не принимать во внимание. На рисунке 4 приведена разность ВЧХ и МЧХ при $K > K_{пред}$, из которого видно, что разность представляет собой значительную величину, существенно отличающуюся от предыдущего случая.

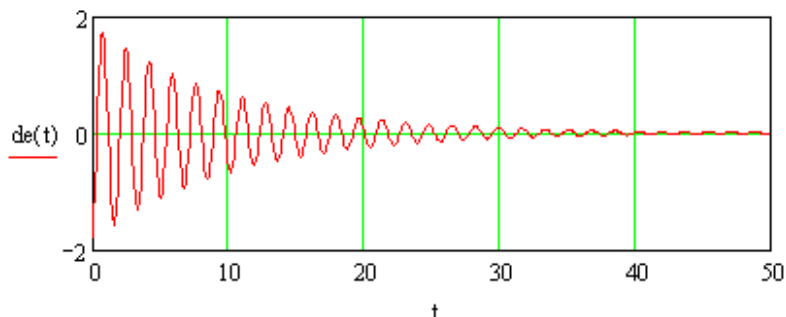


Рис. 4. График разности ВЧХ и МЧХ при $K > K_{пред}$

Таким образом, для получения графика переходного процесса необходимы две частотные характеристики (ВЧХ и МЧХ), так как при их совместном использовании можно различать состояние системы (устойчивое или неустойчивое). Если система устойчива, то переходный процесс, полученный по ВЧХ или МЧХ, соответствует действительности. Если же система неустойчива, то использование частотных характеристик не позволяет решить задачу нахождения графика переходного процесса.

Литература

1. Теория автоматического управления / под ред. акад. А.А. Воронова. – М.: Высшая школа, 1977.
2. Гурский Д.А. Вычисления в MathCAD. – Минск, 2003. – 814 с.