

В данной публикации рассматривается исследование прямых и косвенных показателей качества переходного режима и иллюстрации работы системы автоматического регулирования (САР) с применением программного комплекса Vissim.

САР работает в переходном режиме тогда, когда происходит резкое изменение задания или возмущения, к примеру, скачкообразное изменение самого воздействия или его младших производных.

Переходный режим сугубо динамический, поскольку воздействие на САР меняется во времени и меняются резко. Поэтому на выходном сигнале в переходном режиме существенно сказываются собственные инерционно-колебательные свойства САР.

В течение переходного режима работы САР не всегда выполняет задачи слежения и стабилизации: ошибки регулирования могут быть слишком велики.

Прямые и косвенные показатели качества переходного режима

Прямые показатели качества переходного режима характеризуют, как быстро и с какими ошибками САР справляется с резкими изменениями задания и возмущения, отслеживает и компенсирует их.

Прямые показатели – это параметры:

- время регулирования t_p
- перерегулирование σ .

В дополнение к названным числовым показателям качества должен быть указан вид переходной функции САР. САР хорошего качества, имеет вид переходной функции, близкий к граничному между монотонной и аperiodической. И тот и другой параметры легко определяются по переходной функции САР:

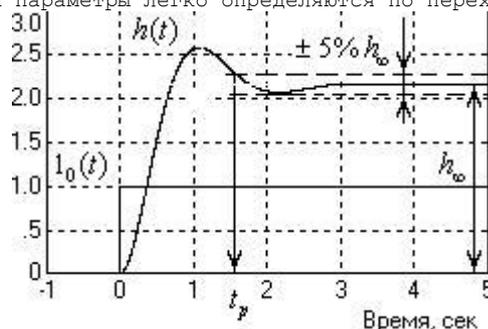


Рис.1 Переходная характеристика системы автоматического регулирования

Определение прямых показателей качества

Т.о., для прямой оценки качества переходного режима достаточно построить переходную функцию системы автоматического регулирования. Смысл прямых показателей следующий. Время регулирования t_p это время, за которое переходная функция достигает уровня, который отличается от ее асимптотического значения h_{∞} не более чем на 5% (т.е. функция попадает в т.н. 10%-й коридор). Т.о., в течение времени регулирования t_p ошибки слежения за ступенчато изменяющимся сигналом велики. Ошибка регулирования при отслеживании ступенчатой функции в течение переходного процесса вначале прыгает скачком до уровня входного сигнала, а затем постепенно уменьшается. В данном случае переходный процесс заканчивается примерно за одну секунду и далее САР начинает следить за входным сигналом с удовлетворительной точностью (Рис. 2).

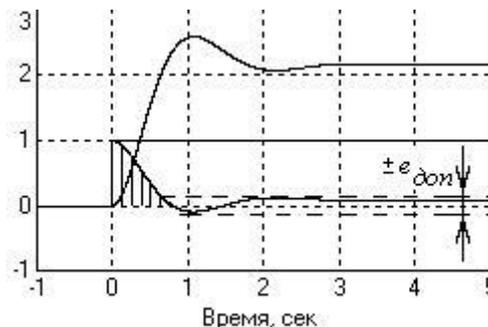


Рис.2 Ошибка регулирования при отслеживании ступенчатой функции в течение переходного процесса

$$\sigma = \frac{A}{h_{\infty}} \cdot 100\%$$

Нереализуемая идеальная (инвариантная) САР является безинерционной, ее выходной сигнал при отслеживании ступенчатого изменения задания изменился бы скачком. Реальная САР обладает инерционностью, и поэтому ее выходной сигнал устанавливается за время t_p , которое количественно характеризует инерционность реальной САР, т.е. ее быстродействие. Перерегулирование характеризует степень колебательности САР.

Чем быстрее САР переходит из одного установившегося режима в другой, тем меньше совокупная ошибка регулирования, связанная с переходным процессом. Но на практике бывает важно и то, как «мягко» переходит САР из определяемого одним значением входной величины (задания или возмущения), к установившемуся режиму, определяемому другим значением. Поэтому часто в качестве оптимальной имеет смысл принять такую САР, у которой переходная функция находится на границе между монотонной и аperiodической. Последнее условие выполняется автоматически, если перерегулирование составляет 1% – 5%.

На практике от САР зачастую требуется отслеживать значительно более плавно изменяющиеся сигналы, чем ступенчатая функция. и поэтому, если САР удовлетворительно отслеживает ступенчатую функцию, достаточно быстро и с допустимой ошибкой (перерегулированием), то сигналы, изменяющиеся более плавно, САР будет отслеживать еще лучше.

Косвенные показатели качества переходного режима это:

запасы устойчивости САР по фазе и амплитуде, а также частота среза разомкнутого контура; корневые показатели качества (колебательность и затухание, среднегармоническое значение); частотные показатели качества (границная частота и колебательность частотной характеристики замкнутой САР) и др.

Иллюстрация работы САР в переходном режиме

Граница между установившимся динамическим режимом работы САР при достаточно быстро изменяющихся воздействиях, когда САР не успевает отслеживать такое воздействие и ошибка возрастает, и переходным режимом, когда САР в явной форме проявляет свои внутренние инерционно-колебательные свойства, несколько размыта. По мере увеличения скорости изменения младших производных воздействия установившийся динамический режим плавно становится переходным (свободная компонента становится все более заметной на фоне принужденной).

Для более яркой иллюстрации проявления системой автоматического регулирования собственных инерционно-колебательных свойств в переходном режиме используем САР обладающую повышенной колебательностью.

Физика переходного режима состоит в том, что при достаточно резких изменениях воздействия или его младших производных САР не успевает отследить эти быстрые изменения. САР воспринимает такое воздействие как своеобразную встряску, в результате чего проявляются собственные инерционно-колебательные свойства системы в виде затухающих колебаний. На рис. 3 для наглядности параметры САР выбраны так, что она приобрела значительную колебательность. Это позволяет ясно увидеть переходные процессы.

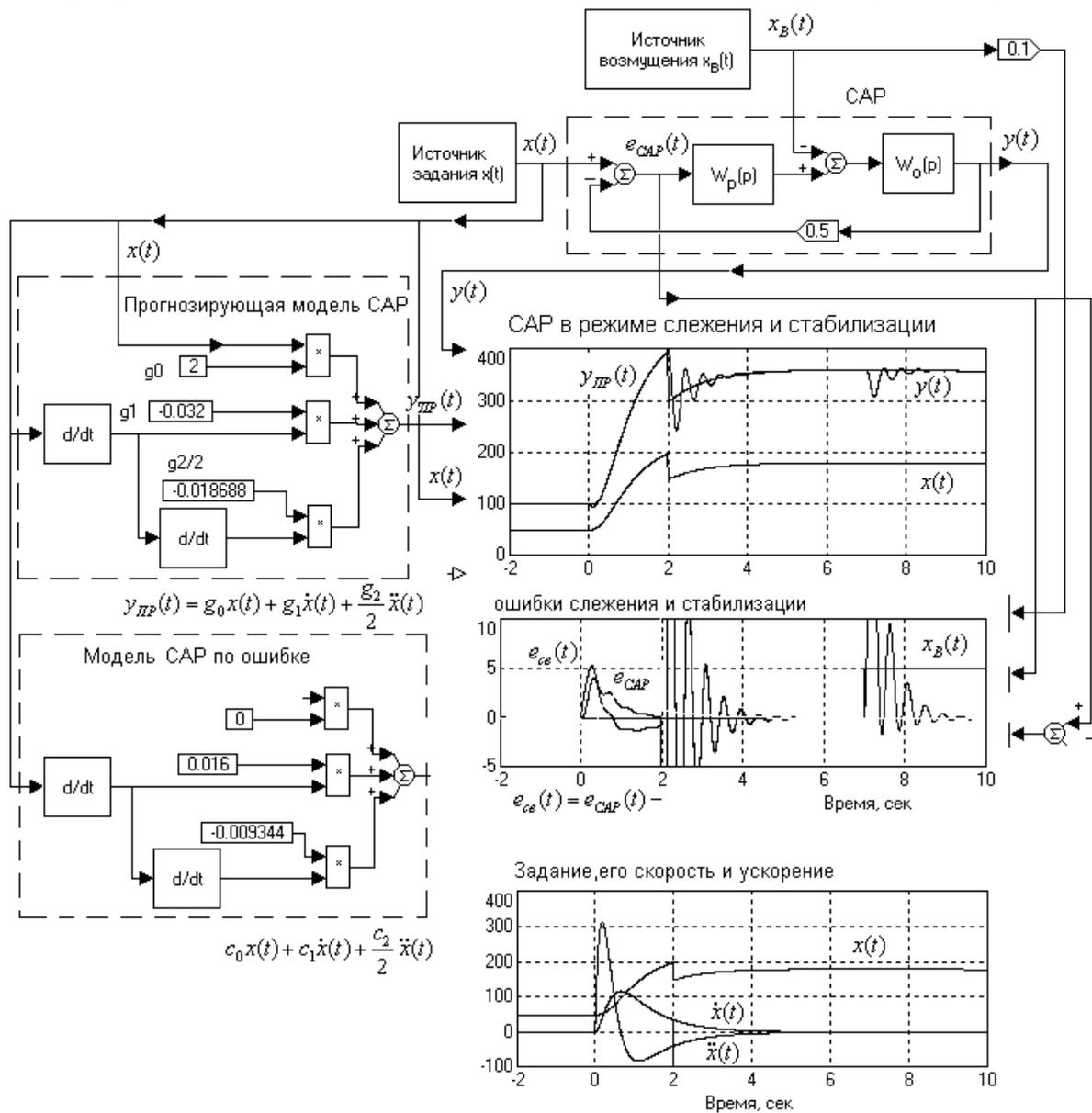


Рис.3 Переходные процессы системы автоматического регулирования.

На первый взгляд свободной колебательной компоненте на первом интервале ошибки неоткуда взяться – задание меняется непрерывно и плавно, но это ошибки не только установившегося режима, здесь есть свободная компонента (рис. 4).

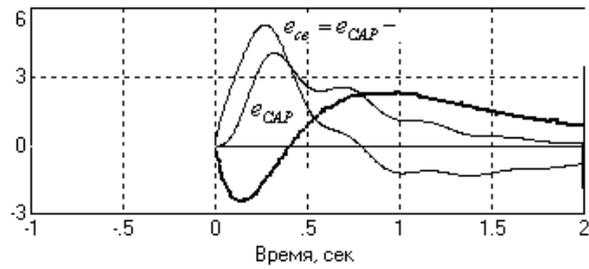


Рис.4 Ошибка слежения на первом интервале определяется свободной, и принужденной компонентами, соизмеримыми по величине

Здесь видно, что первый интервал повышенной ошибки обусловлен не только свободной составляющей решения дифференциального уравнения, но и существенный вклад вносит и динамическая ошибка установившегося режима, обусловленная значительными скоростью и ускорением изменения воздействия при переходе из первого статического режима в установившийся динамический режим. Обусловлен резкими изменениями отслеживаемой величины и возмущения, которые не всегда удается контролировать и сглаживать. На сравнительно короткое время ошибки регулирования, связанные с переходным процессом могут достигать значительных величин, иметь порядок отслеживаемой величины.

Если воздействия изменяются резко и на значительную величину, возникает переходный процесс, со значительными ошибками регулирования, проявляющий инерционно-колебательные свойства САР. В этом режиме САР не справляется с возложенными на нее задачами.

Реальная САР подвергаясь воздействиям, просто откликается на них. Она не воспринимает ни переходный, ни установившийся режимы. Выделение этих режимов: установившегося и переходного вытекает из способа описания человеком модели САР с помощью дифференциальных уравнений, принцип решения которых и позволяет выделить две компоненты решения: свободную и принужденную. Эти компоненты и определяют общее решение.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лукас В.А. Теория автоматического управления. - М.: Недра, 1990. - с 159 - 172.
2. Федосов Б.Т. Об оценке качества линейных САР с использованием программ моделирования. 2003 г. - М.: Недра, 1990. - с 159 - 172.
3. Клиначёв Н. В. Моделирование систем в программе VisSim. 2003г