

УДК 681.3.06

ОЦЕНКА ЗАПАСА УСТОЙЧИВОСТИ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ПО ЧАСТОТНЫМ ХАРАКТЕРИСТИКАМ

Серебренников И.Д., Чернец А.А.

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

Понятие устойчивости относится к ситуации, когда входные сигналы системы равны нулю и внешние воздействия отсутствуют. При этом правильно построенная система должна находиться в состоянии равновесия (покоя) или постепенно приближаться к этому состоянию. В неустойчивых системах даже при нулевых входных сигналах возникают собственные колебания и, как следствие, недопустимо большие ошибки.

Понятие точности связано с качеством работы управляемых систем при изменяющихся входных сигналах. В правильно спроектированных системах управления величина рассогласования между заданным законом управления и выходным сигналом должна быть мала.

Одним из первых вопросов, возникающих при исследовании и проектировании линейных систем управления, является вопрос об их устойчивости. Линейная система называется устойчивой, если при выведении ее внешними воздействиями из состояния равновесия (покоя) она возвращается в него после прекращения внешних воздействий. Если после прекращения внешнего воздействия система не возвращается к состоянию равновесия, то она является неустойчивой. Для нормального функционирования системы управления необходимо, чтобы она была устойчивой, так как в противном случае в ней возникают большие ошибки.

Наличие замкнутых контуров в системах управления с обратными связями и в подсистемах регулирования в составе систем управления приводит к тому, что при определенных условиях они могут потерять устойчивость. В общем случае нелинейных систем понятие устойчивости относится к движениям, которые может совершать система, так что следует говорить не об устойчивости системы, а об устойчивости ее движений. В одной системе могут существовать как устойчивые, так и неустойчивые движения. Однако для линейных систем понятие устойчивости упрощается и можно говорить об устойчивых и неустойчивых системах. Важно подчеркнуть, что устойчивость линейных систем – это внутреннее их свойство, не зависящее от действующих на них возмущений.

Допустим, что на систему действует некоторое входное воздействие произвольного вида, которое, естественно, вызывает определенную ее реакцию, в частности приводит к изменению выходной величины. Устойчивая система – это система, которая после устранения указанного воздействия прекращает движение и самостоятельно приходит к некоторому установившемуся стабильному состоянию. Соответственно, тестом на устойчивость удобно выбрать импульсную переходную характеристику системы, так как входным воздействием в этом случае является дельта-импульс, изображение по Лапласу которого равно единице. Следовательно, изображение импульсной переходной характеристики определяется только свойствами системы, не зависит от вида входного воздействия. С физической точки зрения картина вырисовывается следующая. Возмущив систему в начальный момент времени, дельта-импульс немедленно исчезает, предоставляя системе самой определять в дальнейшем свое движение.

Определение устойчивости обычно проводят на начальном этапе создания системы управления. Это объясняется двумя причинами. Во-первых, анализ

устойчивости довольно прост. Во-вторых, неустойчивые системы могут быть скорректированы и преобразованы в устойчивые с помощью добавления специальных корректирующих звеньев.

Запас устойчивости системы может оцениваться не только по расположению корней ее характеристического уравнения, но и по виду импульсной переходной характеристики ее замкнутого контура. Такая оценка обладает наглядностью, что оказывается важным при расчете сложных структур систем автоматического управления (САУ), а также при расчете схем с цифровыми контроллерами. Правда непосредственное применение к импульсным характеристикам оценки затухания колебаний может осуществляться, строго говоря, только если система имеет второй порядок дифференциального уравнения. Однако это затруднение в значительной мере может быть устранено переходом к их изображениям по Фурье.

Оценка запаса устойчивости систем управления с помощью частотных характеристик обладает наглядностью, что оказывается важным при расчете сложных структур систем автоматического управления, а также при расчете схем с цифровыми контроллерами. Правда непосредственное применение к импульсным характеристикам оценки затухания колебаний может осуществляться, строго говоря, только если система имеет второй порядок дифференциального уравнения. Однако это затруднение в значительной мере может быть устранено переходом к их изображениям по Фурье.

Колебательному характеру переходной, а следовательно, и импульсной переходной характеристике соответствует появление в графике модуля КЧХ резонансного пика. Оказывается, что аналогичная картина, как правило, сохраняется и для контуров произвольно высокого порядка, в том числе и контуров с запаздыванием.