УДК 622.13.33

Н.С. МОРОЗОВА, студентка гр. ЭАб-121 (КузГТУ)
Е.Б. КОЛОДИНА, студентка гр. ЭАб-121 (КузГТУ)
Научный руководитель – В.Г. КАШИРСКИХ, д.т.н., проф. (КузГТУ)
г. Кемерово

РОБАСТНЫЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ

Повышение эффективности работы технологических машин и установок требует применения современных систем управления. Одним из перспективных направлений совершенствования систем управления является робастное управление. Первые публикации о нем появились в 80-х годах прошлого века, и в настоящее время это одно из активно развивающихся направлений теории автоматического управления.

Представим структуру системы автоматического управления (САУ) в виде совокупности объекта управления, автоматического управляющего устройства (регулятор) и воздействий, которые оказывают влияние на работу САУ: задающего g, управляющего U и возмущающего f (Рис. 1). Здесь же показаны датчик обратной связи ДОС и задающее устройство ЗУ.

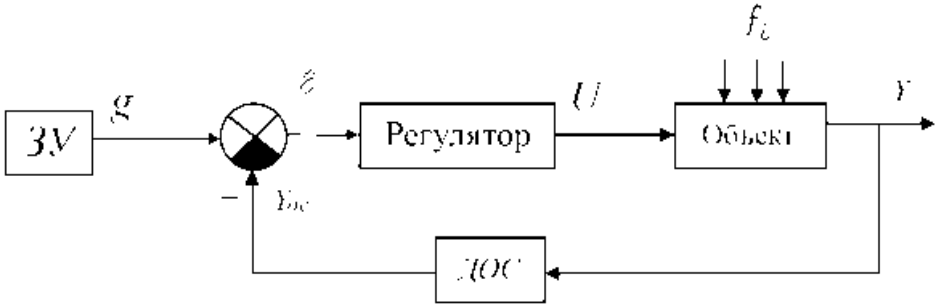

Рис. 1. Структура системы автоматического управления

При управлении не возникает никаких проблем, если изменение внутренних свойств объекта управления и возмущающие воздействия f_i не оказывают существенного влияния на выходную величину Y, или если характер изменения внутренних свойств объекта и возмущающих воздействий известен заранее и может быть учтен в законе управления. При этом правильно спроектированная система будет обладать такими свойствами как приемлемое качество и устойчивость, под которой подразумевается свойство системы возвращаться в исходное состояние после снятия возмущающего воздействия.

Однако на практике все сложнее. Одной из главных причин не всегда удачного внедрения разработанной САУ является наличие неопределенности в модели объекта. В производственных условиях параметры объекта можно определить лишь приближенно; кроме того, они могут изменяться в

процессе эксплуатации. Игнорирование этого обстоятельства может привести не только к ухудшению ожидаемого качества управления, но даже к потере системой устойчивости. Поэтому требуется, чтобы разработанный регулятор обеспечивал устойчивость и приемлемое качество системы при малых отклонениях параметров объекта и внешних возмущений от номинальных моделей.

Эта задача решается с помощью робастной теории управления [1]. Понятие робастности можно охарактеризовать нечувствительностью к малым ошибкам, допущенным при моделировании объекта, и инвариантностью к возмущающим воздействиям. Робастность при этом обеспечивается работой специального регулятора, обеспечивающего в этих условиях устойчивость САУ и требуемое качество управления.

Различают несколько основных задач, связанных с обеспечением робастности САУ, основными из которых являются [2]:

– робастная устойчивость – обеспечение устойчивости системы при всех допустимых отклонениях модели объекта от номинальной модели;

– робастное качество – обеспечение заданных показателей качества системы при всех допустимых отклонениях модели объекта от номинальной модели;

При исследовании робастности системы нужно определить возможную ошибку моделирования, возникающую из-за неопределенности модели объекта. Ее можно задать различными способами. Рассмотрим два варианта.

1. Параметрическая неопределенность.

Параметрическая неопределенность означает, что структура модели известна, а параметры могут отличаться от номинальных. Рассмотрим объект управления с передаточной функцией:

$$P(s) = \frac{k_0 + \varepsilon_1}{(T_0 + \varepsilon_2)s + 1},$$

где k_0 и T_0– номинальные значения коэффициента усиления и постоянной времени, а ε_1 и ε_2– малые ошибки моделирования.

Если такой объект управляется регулятором-усилителем с передаточной функцией C(s) = K, то характеристический полином замкнутой системы имеет вид:

$$\Delta(s) = (T_0 + \varepsilon_2)s + 1 + k(k_0 + \varepsilon_1).$$

Робастный регулятор должен обеспечивать устойчивость этого полинома при всех допустимых значениях ε_1 и ε_2. В данном случае условия устойчивости сводятся к тому, что коэффициенты полинома

$(T_0 + \varepsilon_2)$ и $1 + k(k_0 + \varepsilon_1)$, имеют одинаковый знак. Считаем, что $k_0 > 0$ и $T_0 > 0$, а отклонения ε_1 и ε_2 малы по сравнению с ними. Тогда $T_0 + \varepsilon_2 > 0$ при всех возможных ε_2. Следовательно, замкнутая система будет устойчива при выполнении условия:

$$1 + K(k_0 + \varepsilon_1) > 0 \Rightarrow K > \frac{-1}{k_0 + \varepsilon_1}.$$

Отсюда условие робастной устойчивости принимает вид:

$$K > K_{min} = \frac{-1}{k_0 + \varepsilon_{1max}}.$$

Таким образом, любой регулятор-усилитель, имеющий коэффициент усиления K > Kmin , обеспечивает робастную устойчивость САУ, то есть устойчивость сохраняется при всех допустимых ошибках ε_1 и ε_2.

2. Непараметрическая неопределенность.

При непараметрической неопределенности допустимая ошибка задается в частотной области. Известно, что при наличии мультипликативной неопределенности, представленный в виде относительной ошибки $\Delta m\ (j\omega)$: $P(j\omega) = [1 + \Delta_m(j\omega)]P_0(j\omega)$ система с регулятором C(s) и номинальным объектом Po(s) будет робастно устойчивой, если для любой частоты ω выполняется неравенство: $|W_0(j\omega)\Delta_m(j\omega)| < 1$, где Wo(s) – передаточная функция номинальной замкнутой системы. Данное неравенство является критерием робастной устойчивости.

Поскольку для высоких частот из-за неопределенности модели ошибка моделирования $\Delta m(j\omega)$ может быть значительной, с точки зрения робастной устойчивости модель должна хорошо описывать свойства реального объекта на низких частотах.

В настоящее время разработаны и реализованы алгоритмы синтеза робастных систем управления и получены законы робастного управления для различных технических объектов. Одним из важнейших приложений для применения робастного управления является электропривод, где в полной мере присутствуют предпосылки для использования этого вида управления.

Список литературы:

1. Методы классической и современной теории автоматического управления: Учебник в 3-х т. Т.3: Методы современной теории автоматического управления / Под ред. Н.Д. Егупова. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2000. – 748 с.

2. Поляков, К.Ю. Теория автоматического управления для чайников: учеб. пособие [Электронный ресурс]. – СПб., 2008. – Режим доступа: http://www.infoterra.ru/oty/books/files/tau_dlya_chainikov.pdf.