

К ВОПРОСУ О ПРОГНОЗИРОВАНИИ РАБОТОСПОСОБНОСТИ САР
НА СТАДИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ
МЕТОДОМ ОБОБЩЕННОГО ПАРАМЕТРА

Ф. Ф. ИДРИСОВ

(Представлена научным семинаром
кафедры автоматики и телемеханики)

При проектировании сложной и ответственной системы автоматического регулирования (САР), предназначенной работать длительное время в условиях, когда сказываются эффекты старения и влияния внешней среды, необходимо иметь такой обобщенный параметр (или показатель), который наиболее полно характеризовал бы надежность системы. Такой подход к определению надежности проектируемых систем любой сложности позволяет существенно упростить задачу, так как его основой является прогнозирование вероятности соответствия САР не всем ее характеристикам, а только обобщенному параметру. При этом удается избежать использования многомерных распределений и корреляционных связей [1].

В работе [2] в качестве обобщенного параметра используется коэффициент усиления системы. Однако более обобщенным параметром является степень устойчивости H . Чем больше H , тем надежнее система. А поэтому необходимо иметь удобные для инженера методы, которые быстро находили бы величину H системы и те параметры, входящие в сложную математическую модель, которые наиболее сильно влияют на устойчивость САР.

Согласно [3], степень устойчивости H есть абсолютное значение вещественной части ближайшего к мнимой оси корня характеристического уравнения

$$A_n X^n + A_{n-1} X^{n-1} + \dots + A_1 X + A_0 = 0. \quad (1)$$

В случае высоких степеней уравнения (1) необходимо уметь определять H без вычисления корней. Методика, изложенная в [3], приводит к громоздким расчетам. Очень удобный метод определения предлагается в работе [4].

Следуя методике, изложенной в [4], для характеристического уравнения определяются соотношения:

$$H_1 = \frac{A_0}{1A_1}, \quad H_2 = \frac{A_1}{2A_2}, \quad H_3 = \frac{A_2}{3A_3}, \quad \dots, \quad H_n = \frac{A_{n-1}}{nA_n}. \quad (2)$$

Отсюда находят значение степени устойчивости:

$$H \simeq \min \{H_1, H_2, \dots, H_n\}. \quad (3)$$

Итак, получили

$$H = H_k = \frac{A_{k-1}}{kA_k}, \quad k \in \overline{1, n}. \quad (4)$$

Так как

$$A_{k-1} = f(M_{k-1}), \quad A_k = \varphi(M_k),$$

где M_{k-1} , M_k — пересекающиеся множества параметров элементов системы, то степень устойчивости есть отношение определенных параметров системы:

$$H = \frac{f(M_{k-1})}{k\varphi(M_k)}. \quad (5)$$

Из формулы (5) видно, изменением каких параметров элементов САР можно добиться повышения степени устойчивости.

Задаваясь допусками на воздействие внешней среды и естественное старение, определяем результирующий допуск степени устойчивости. Вероятность того, что система будет обладать в процессе длительной работы заданной степенью устойчивости определяется из соотношения:

$$P_c(H) = 1 - \frac{\Delta H}{H + \Delta H}. \quad (6)$$

Пример.

Если характеристическое уравнение системы есть

$$T_1 T_2 X^3 + (T_1 + T_2) X^2 + (1 + k_1 k_2) X + k_1 k_2 k_3 = 0 \quad (7)$$

и

$$T_1 = 0,06; \quad T_2 = 0,2; \quad k_1 = 5,2; \quad k_2 = 0,5; \quad k_3 = 15, \quad (8)$$

то уравнение (7) принимает вид:

$$0,012 X^3 + 0,26 X^2 + 3,6 X + 3,9 = 0,$$

а величина

$$H \simeq \min \left\{ \frac{39}{1 \cdot 3,6}, \frac{3,6}{2 \cdot 0,26}, \frac{0,26}{3 \cdot 0,012} \right\},$$

то есть

$$H = \frac{1 + k_1 k_2}{2(T_1 + T_2)} = \frac{3,6}{2 \cdot 0,26} = 6,9.$$

Отсюда видно, что на величину H наиболее сильно влияет произведение k_1 и k_2 . Следовательно, при проектировании САР необходимо обеспечить максимальную инвариантность параметров k_1 и k_2 к возмущениям внешней среды и естественному старению.

Выводы. Данный подход позволяет на стадии проектирования просто определять, от изменения каких параметров элементов САР зависит в первую очередь устойчивость, т. е. работоспособность. С другой стороны, задаваясь допусками на влияние внешней среды и естественное старение, можно также просто определять вероятность того, что САР будет обладать заданной степенью устойчивости.

ЛИТЕРАТУРА

1. А. А. Бессонов. О точности некорреляционного метода расчета вероятности безотказной работы автоматических управляющих систем. ЛМИ, Сб. трудов № 29, «Автоматическое управление», вып. 3, 1963.
2. А. А. Бессонов. Прогнозирование надежности автоматических управляющих систем методом обобщенного параметра. Известия ЛЭТИ, вып. 56, ч. 3, 1966.
3. А. А. Воронов. Основы теории автоматического управления. Изд-во «Энергия», М.-Л., 1965.
4. А. Н. Лебедев. Быстрый приближенный расчет степени устойчивости линейных САУ. Изв. ЛЭТИ, вып. 67, 1968.