Доклады Академии Наук СССР
1951. Том LXXVII, № 2

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

Академик В. С. КУЛЕБАКИН

О ВЫБОРЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ АВТОМАТИЧЕСКИХ РЕГУЛЯТОРОВ И СЛЕДЯЩИХ СИСТЕМ

Для современной практики назрела настоятельная необходимость в изыскании методов определения основных параметров автоматических регулируемых и следящих систем с учетом непрерывного возмущающего воздействия, которое является наиболее типичным, вероятным или наиболее неблагоприятным для реальных условий данной системы.

Ниже предлагается один из таких методов, при этом приводятся также соображения об условиях для более совершенного поведения линейных, автоматически регулируемых следящих систем, находящихся под заданным возмущением.

Но как бы ни было совершенно регулирование, все же всякое изменение нагрузки вызывает отклонение регулируемой величины от заданного (должного) значения. Точно так же и во всех следящих системах всегда имеет место расхождение, или так называемое рассогласование, между входной и выходной величинами. Основной задачей автоматического регулирования и управления является не только выполнение условий устойчивости, но и сведение всех отклонений в процессе стабилизации или слежения к возможному минимуму ([1], [3]).

Как известно, переходный процесс в любой линейной системе автоматического регулирования ([1]) или следящего устройства может быть описан при помощи системы совместных линейных дифференциальных уравнений, в которых должны содержаться все величины, характеризующие регулируемое или следящее устройство

$$\begin{aligned} a_{11} x + a_{12} y + a_{13} z &= f(t), \\ a_{21} x + a_{22} y + a_{23} z &= 0, \\ a_{31} x + a_{32} y + a_{33} z &= 0. \end{aligned} \tag{1}$$

В этих уравнениях означают: $a_{11}, \ldots, a_{33}$ — операторы дифференцирования; $x = x(t)$ — отклонение регулируемой величины от заданной или ошибку рассогласования; $y = y(t)$ — координату органа реагирования; $z = z(t)$ — координату, характеризующую параметр управления или выходную величину; $f(t)$ — нагрузку или воздействие, являющееся заданной непрерывной функцией времени.

Решение этой системы уравнений относительно какой-либо координаты сводится к одному из уравнений, имеющих в общем случае вид:

$$F(D)\,x = X(D)\,f(t), \quad F(D)\,y = Y(D)\,f(t), \quad F(D)\,z = Z(D)\,f(t), \tag{2}$$

где $F(D)$, $X(D)$, $Y(D)$, $Z(D)$ — операторные многочлены относительно D, $D = d\,/\,dt$.

Каждую координату, например $x(t)$, находящуюся под непрерывным действием возмущения $f(t)$, можно представить состоящей из двух компонент: переходной и вынужденной

$$x(t) = x_n(t) + x_в(t). \tag{3}$$

Переходная составляющая $x_n(t)$ является общим решением однородного дифференциального уравнения

$$F(D)\,x_n = 0. \tag{4}$$

Вынужденная же составляющая $x_в(t)$ есть частное решение неоднородного дифференциального уравнения

$$F(D)\,x_в = X(D)\,f(t). \tag{5}$$

В большинстве практических случаев заданное внешнее возмущение или воздействие можно с достаточной степенью точности выразить общим решением однородного линейного дифференциального уравнения с постоянными коэффициентами

$$K(D)\,f(t) = 0 \tag{6}$$

и с определенными начальными условиями ([2]).

Назовем $K(D)$ операторным изображением заданной функции $f(t)$: $K(D) \to f(t)$; $K(D)\,f(t) = 0$.

Для получения более совершенного регулирования или более точного воспроизведения входной величины в следящих системах следует вынужденную составляющую отклонения регулируемой величины от заданной или ту же компоненту от рассогласования $x_в(t)$ свести к нулю. С этой целью необходимо параметры линейной регулируемой или следящей системы подобрать так, чтобы в уравнении (5) оператор возмущения $X(D)$ имел сомножителем изображение возмущения — оператор $K(D)$, т. е.

$$X(D) = K(D)\,C(D) \tag{7}$$

и в частном случае $X(D) = K(D)$. При этом условии $F(D)\,x_в = C(D)\,K(D)\,f(t) = 0$ и, следовательно, $x_в(t) \equiv 0$, $x(t) \equiv x_n(t)$, что приводит соответствующее уравнение (2) к виду:

$$F(D)\,x(t) = 0. \tag{8}$$

Если требуется, чтобы в регулируемых или следящих системах параметр управления или выходная величина $z(t)$ следовали за нагрузкой или за воздействием $f(t)$ с точностью до переходной составляющей, обусловленной исключительно параметрами всей регулируемой системы или следящего устройства и начальными данными, то для получения $z_в(t) \equiv f(t)$ необходимо подобрать параметры системы так, чтобы многочлен $[F(D) - Z(D)]$ в уравнении

$$F(D)\,z_в \equiv \{[F(D) - Z(D)] + Z(D)\}\,z_в = Z(D)\,f(t) \tag{9}$$

имел сомножителем операторный многочлен $K(D)$, т. е.

$$F(D) - Z(D) = B(D)\,K(D). \tag{10}$$

При подборе параметров указанным выше способом необходимо иметь в виду, что операторный многочлен $F(D)$, характеризующий собственную динамику всей системы, должен, естественно, удовлетворять также не только условию устойчивости, но и другим требованиям в отношении качества регулирования или управления.

Предлагаемый мною метод определения параметров регулируемых и следящих систем с учетом возмущения может быть использован также для анализа и синтеза линейных усилителей.

Поступило
30 XI 1950

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

[1] В. С. Кулебакин, Автоматика и телемеханика, № 4 (1940); № 6 (1940). [2] В. С. Кулебакин, ДАН, **68**, № 5 (1949). [3] С. П. Стрелков, Автоматика и телемеханика, № 3 (1948); № 4 (1949).