

УДК 681.5.01.013

В. Н. НЕРСЕСЯН, К. Б. БЕРБЕРЯН

СИНТЕЗ КОРРЕКТИРУЮЩИХ УСТРОЙСТВ

Предлагается способ синтеза корректирующих устройств линейных САУ, при котором на основе предварительного анализа параметров системы, полученных при исследовании характеристического уравнения системы методом производной аргумента, формируется желаемый вид логарифмической амплитудной характеристики (без построения) и соответствующее ей характеристическое уравнение, исследуемое затем методом произвольной аргумента с целью проверки полученных параметров. Таким образом, показана возможность единого подхода к анализу и синтезу линейных САУ на основе метода производной аргумента.

Ил. 1. Библиогр.: 5 назв.

Վերաբերվում է գծային ԱՆՀ-ների ճշտող սարքերի համադրման մի եղանակ, որտեղ համադրողի պարամետրերի նախնական վերլուծության հիման վրա ստացված արգումենտի ածանցյալի բևեռացրող հաճախման հետազոտությանը ձևավորվում են ցանկալի չդաբրիթմավորվածության բևեռացրող տեսքը (առանց կառուցման) և նրան համապատասխանող բևեռացրող հաճախությունը, որը հետագայում հետազոտվում է արգումենտի ածանցյալի եղանակով՝ ստացված պարամետրերը ստուգելու նպատակով: Այսպիսով ցույց է տրվում գծային ԱՆՀ-ների վերլուծության և համադրման խնդրին մոտեցման միանշանակ եղանակ՝ արգումենտի ածանցյալի եղանակի հիման վրա:

Цель настоящей работы — показ возможности осуществления единого подхода к анализу и синтезу линейных систем автоматического управления (САУ) на основе метода производной аргумента (МПА) [1]. Пусть характеристическое уравнение линейной разомкнутой САУ в общем случае имеет вид

$$F(s) = s^r \sum_{i=1}^{n-r} (1 + T_i s) + K = 0, \quad r = 0, 1, 2. \quad (1)$$

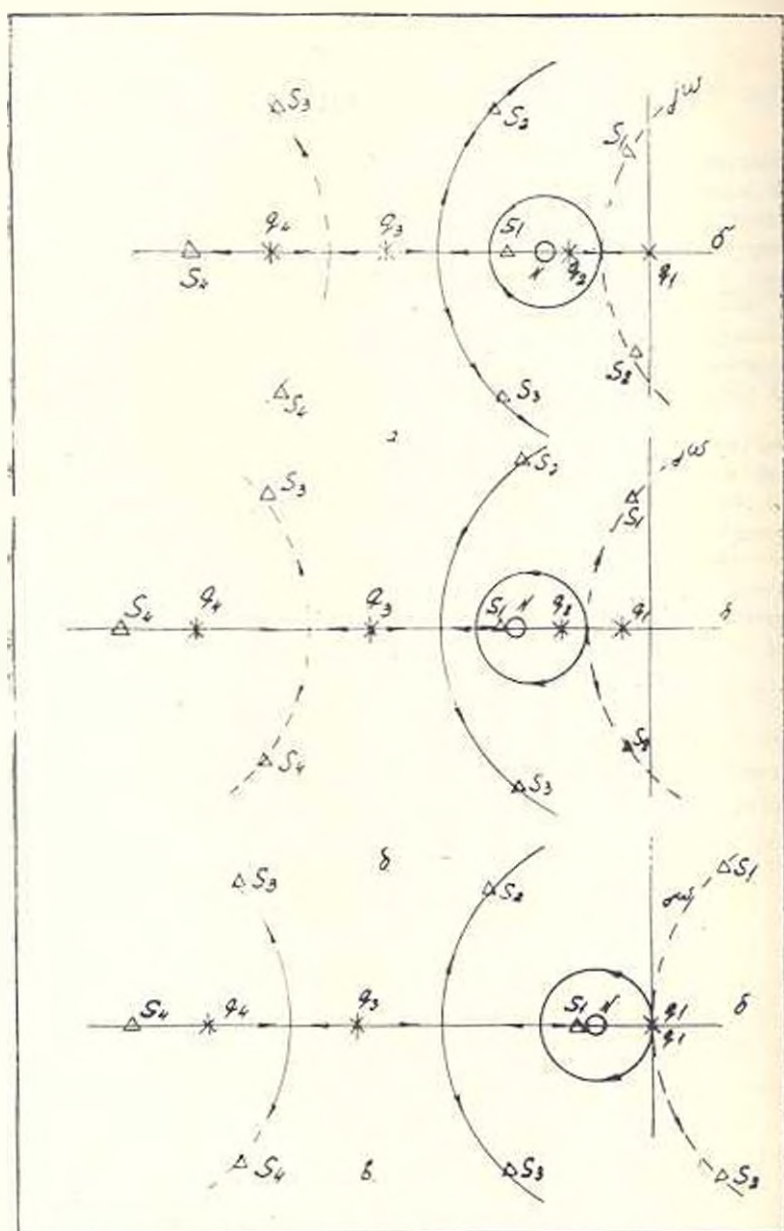
где r — степень астатизма, а K — коэффициент усиления разомкнутой линейной САУ.

Предположим, что исследование характеристического уравнения (1) — помощью функции производной аргумента [1]

$$R(\omega) = \frac{d}{d\omega} [\arg F(j\omega)] = \frac{UV' - U'V}{U^2 + V^2} = \sum_{m=1}^n \frac{-\delta_m}{\delta_m^2 + (\omega - \omega_m)^2}, \quad (2)$$

где $s_m = \delta_m + j\omega_m$ — корни многочлена $F(s)$, а $U = \operatorname{Re} F(j\omega)$, $V = \operatorname{Im} F(j\omega)$, $U' = dU/d\omega$, $V' = dV/d\omega$, показало необходимость введения корректирующих устройств в САУ. Синтез осуществляем путем формирования желаемой логарифмической амплитудной характеристики (ЛАХ) разомкнутой САУ, начиная с низкочастотного участка ЛАХ [2, 3], определяющего точностные характеристики системы и заканчивающимся выбором первых больших постоянных времен T_1 и T_1 .

Наиболее важный, с точки зрения динамики переходного процесса среднечастотный участок выбирается согласно требуемому показателю колебательности M [2].



Рис

Рассмотрим более подробно вопрос выбора сопрягающих частот среднечастотного участка ЛАХ ω_2 и ω_3 и обратимся к рисунку, где изображены траектории движения корней S , соответственно аstaticеской системы первого порядка (а), staticеской системы (б) и аstaticеской

системы второго порядка (8). Как известно из метода корневого годографа [4], начало движения корней s_1 находится при $K = 0$ в соответствующих полюсах разомкнутых систем и затем, подчиняясь известным правилам, уходят в бесконечность при $K \rightarrow \infty$. Так например, корни s_1 и s_2 , образованные близлежащими к мнимой оси полюсами q_1 и q_2 , быстро пересекают мнимую ось и уходят в бесконечность (пунктирные линии), делая соответствующую систему неустойчивой. Однако нулею N (соответствующего сопрягающей частоте ω_2) после полюса q_2 приводит к компенсации корня s_1 нулем N при $K \rightarrow \infty$. Второй же корень s_2 при увеличении K движется по вещественной оси навстречу корню s_1 , образованному полюсом q_2 , который также изменяет направление своего движения. При некотором $K_{кр}$ эти корни встречаются на вещественной оси, образуя кратный корень, затем отрываются от вещественной оси, образуя комплексно сопряженные корни s_2 и s_3 по траектории, изображенной сплошной линией, уходят в бесконечность, пересекая мнимую ось. Однако это пересечение происходит при намного большем коэффициенте усиления K , чем в случае отсутствия нуля N . Причем, чем длиннее участок между q_2 и N , т. е. ω_2 и ω_1 , тем при одинаковых K корни s_2 и s_3 будут дальше от мнимой оси и ближе к вещественной оси и тем меньше их влияние на переходный процесс в системе, определяемой в этом случае лишь корнем s_1 , который при $K \rightarrow \infty$ стремится к нулю N . Таким образом величина N (соответственно ω_2 и T_2) определяет в основном наиболее длительную составляющую в переходном процессе и фактически определяет время регулирования τ . Следовательно, при оптимальном подборе T_2 можно так расположить преобладающие корни s_1 , s_2 и s_3 , чтобы удовлетворялись заданные требования как по длительности переходного процесса, так и по колебательным параметрам переходного процесса. Это оптимальный подбор произведем на основе функции производственной аргумента (2). Для чего рассмотрим значение $R(\omega)$ при $\omega = 0$, имеющего вид

$$R(0) = V/U \approx 1/\delta_1 + 2\delta_2/(\delta_1^2 + \omega_2^2), \quad (3)$$

где δ_1 — вещественный корень, который при $K \rightarrow \infty$ стремится к нулю N и определяет в основном длительность переходного процесса [1] $\tau \approx 3 \max R(\omega) = 3/\delta_1$, а $(-\delta_2 \pm j\omega_2)$ — два комплексно-сопряженных корня, находящиеся вблизи мнимой оси и определяющие колебательные свойства системы, в частности, число колебаний $N \approx \omega_2/\delta_2$ [1].

Подберем взаимное расположение корней s_1 , s_2 и s_3 таким образом, чтобы $\max R(\omega) = R(0)$, т. е. $R(0) > R(\omega)$ при $\omega \neq 0$, в частности при $\omega = \omega_2$, когда вторая составляющая (3) получает максимальное значение $2/\delta_2$, т. е.

$$R(0) \approx 1/\delta_1 + \frac{2\delta_2}{\delta_1^2 + \omega_2^2} > \frac{\delta_2}{\delta_1^2 - \omega_2^2} - \frac{2}{\delta_1} \approx R(\omega_2). \quad (4)$$

Например, при $\delta_1 = \delta_2/2$ условие (4) выполняется и для $R(0)$ с учетом того, что $\tau \approx 3/\delta_1$ и $N \approx \omega_2/\delta_2$. Тогда запишем

$$R(0) \geq 1, \bar{\varepsilon}_1 + 1 [\bar{\varepsilon}_1 (1 + N^2)] = 3 + \varepsilon [3(1 + N^2)]. \quad (5)$$

Для выбора сопрягающей частоты $\omega_2 = 1/T_2$ рассмотрим три случая:

а) статическая система —

$$R(0) = V/U = (T_0 + T_1)K + T_2 + T_1 K + \dots + T_1 K \geq 3 + \varepsilon [3(1 + N^2)], \quad (6)$$

$$T_2 \geq 3 + \varepsilon [3(1 + N^2)] - C_1,$$

где $C_1 = (T_0 + T_1)K$ — коэффициент ошибки;

б) астатическая система первого порядка —

$$R(0) = V/U = T_2 + 1/K \geq 3 + \varepsilon [3(1 + N^2)], \quad (7)$$

$$T_2 \geq 3 + \varepsilon [3(1 + N^2)] - 1/K;$$

в) астатическая система второго порядка —

$$R(0) = V/U = T_2 \geq 3 + \varepsilon [3(1 + N^2)]. \quad (8)$$

Зная $\omega_2 = 1/T_2$ и исходя из требуемых значений показателя колебательности M , определяем длину участка λ и сопрягающую частоту $\omega_3 = 1/T_3 = h\omega_2$ [2]. Сформированную таким образом систему легко исследовать с помощью МПД, построив функцию $R(\omega)$.

Пример [5]. Неизменная часть синтезируемой разомкнутой системы имеет передаточную функцию

$$W(s) = 300 [s(0,1s + 1)(0,003s + 1)]. \quad (9)$$

Требуется выбрать корректирующее устройство, обеспечивающее получение следующих характеристик качества замкнутой системы:

а) система должна обладать астатизмом первого порядка; б) коэффициенты ошибок по скорости и ускорению не должны превышать соответственно $C_1 = 0,004$ с, $C_2 = 0,05$ с²; в) длительность переходного процесса τ не должна превышать 0,5 с; г) относительное перерегулирование σ в переходном процессе не должно превышать 30%.

Перейдем к формированию желаемой ЛАХ согласно предъявленным к системе требованиям. Для системы с астатизмом первого порядка определим первую сопрягающую частоту (контрольная точка), которая должна удовлетворять условию [2] $\omega_1 = C_1/C_2 = 0,2$ с⁻¹ ($T_1 = 5$ с). Далее, согласно (7) $T_2 \geq 3 + \varepsilon [3(1 + N^2)] - 1/K = 0,224$ с, где по требованию перерегулирования $\varepsilon = 0,1 < 0,3$, значение $N = -\pi/\ln \sigma = 1,36$, а показатель колебательности $M = -(\ln^2 \sigma - \pi^2)/2 = \ln \sigma = 1,048$. Выбираем $T_2 = 0,23$ с, а $T_3 = T_2 h = T_2 (M + 1) (M + 1) = 0,0054$ с.

Окончательно сформированная желаемая ЛАХ разомкнутой САУ имеет следующие постоянные времени: $T_1 = 5$ с, $T_2 = 0,23$ с, $T_3 = 0,0054$ с, $T_4 = 0,003$ с, и ее передаточная функция

$$W_*(s) = 300 (0,23s + 1) [s(5s + 1)(0,0054s + 1)(0,003s + 1)]. \quad (10)$$

Характеристическое уравнение этой системы будет

$$F_+(s) = s(5s + 1)(0,0054s + 1)(0,003s + 1) + 300(0,23s + 1) = 0. \quad (11)$$

Расчет функции производной аргумента для характеристического уравнения (11) дал следующие значения параметров переходного процесса: $\tau < 0,65$ с, $\sigma = 0,092$, $N = 1,3$, при этом $\max R(0) = 0,234$, которые удовлетворяют предъявленным требованиям. Само же корректирующее устройство, передаточная функция которого после сравнения передаточных функций (9) и (10) желаемой и нескорректированной разомкнутых систем будет иметь вид

$$W_k(s) = W_+(s)/W(s) = (0,23s + 1)(0,1s + 1)(5s + 1)(0,0054s + 1),$$

можно подобрать известными способами [2, 3].

ЛИТЕРАТУРА

1. Мелькумян Д. О. Анализ систем методом логарифмической производной.— М.: Энергоиздат, 1981.— 112 с.
2. Бесекерский В. А., Попов Е. П. Теория систем автоматического регулирования.— М.: Наука, 1972.— 768 с.
3. Расчет автоматических систем. / Под ред. Фатеева А. В.— М.: Высшая школа, 1973.— 336 с.
4. Удверман Э. Г. Метод корневого годографа в теории автоматических систем.— М.: Наука, 1972.— 448 с.
5. Задачник по теории автоматического управления. / Под ред. Шаталова А. С.— М.: Энергия, 1971.— 496 с.

ВНИИРИ

17. VI. 1989

Изв. АН Армении (сер. III), т. XLIII, № 5, 1990, с. 233—237.

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА

УДК 665.637.73:53.072.11

В. В. БАГДАСАРЯН

СТАТИСТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ СЕЛЕКТИВНОГО ВЫХОДА КИСЛОТ

Показана возможность селективного выделения сложного радиально-цепного процесса окисления смеси углеводородов в одном и том же реакторе с получением заданного целевого продукта. Произведена оптимизация регрессионных моделей для поиска максимумов выходов целевых продуктов при различных начальных условиях.

Табл. 1. Библиогр.: 1 назв.

Նույն է արված ավազաբանների խառնուրդների օքսիդացման լուրջ արժեքական-
ափսոսական գործընթացի բնարական զարման ճանաչողությունը միևնույն տեխնոլոգիայով, մինչև
արված նպատակային նյութի ստացումը: Տրված սկզբնական պարամետրների դեպքում նպատա-
կային նյութի ելքերի օպտիմիզացիոն որոնման նմանը կատարված է ճանաչողական մոդել-
ների օգտագործմամբ: