

ОБ ОПТИМАЛЬНЫХ ФОРМАХ ПЕРЕХОДНОГО ПРОЦЕССА И АМПЛИТУДНО-ЧАСТОТНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЛИНЕЙНОЙ ДИНАМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

А.Г. Щепетов

Московский государственный университет приборостроения и информатики

Описаны оптимальные формы переходного процесса и амплитудно-частотной характеристики линейной динамической системы n -го порядка. Предложена модификация диаграммы Вышнеградского, упрощающая уравнения границ ее областей. Дана новая диаграмма, иллюстрирующая зависимость формы амплитудно-частотной характеристики системы третьего порядка от ее параметров.

ВВЕДЕНИЕ

В инженерной практике часто возникает задача выбора конструктивных параметров системы управления или измерительной системы из условия заданной динамической точности движения. Многие звенья, подсистемы и динамические системы в целом описываются линейным дифференциальным уравнением, которому соответствует передаточная функция вида

$$W(p) = \frac{\omega_0^n}{p^n + a_1 \omega_0 p^{n-1} + \dots + a_{n-1} \omega_0^{n-1} p + \omega_0^n}, \quad (1)$$

где n — порядок дифференциального уравнения; a_1, a_2, \dots, a_{n-1} — безразмерные постоянные коэффициенты, p — переменная преобразования Лапласа, ω_0 — собственная частота.

В соответствии с классификацией, предложенной Е.П. Поповым [1], динамическая система с передаточной функцией вида (1) относится к классу простых динамических систем. Для краткости будем называть рассматриваемую динамическую систему просто звеном. В качестве динамических характеристик звена рассматриваются переходная $h_0(t)$ и амплитудно-частотная (АЧХ) $A_0(\omega)$ характеристики

$$h_0(t) = L^{-1}(W(p)/p), \quad A_0(\omega) = |W(j\omega)|, \quad (2)$$

где $L^{-1}(\cdot)$ — обратное преобразование Лапласа.

Динамическим характеристикам звена с передаточной функцией (1) уделялось большое внимание за все годы развития теории автоматического управления. Особенную роль задача оценки динамических характеристик подобного звена приобретает в измерительной технике, где предъявляются жесткие требования к показателям динамической точности.

В настоящей работе сформулированы условия, при выполнении которых динамические характеристики звена (1) оптимальны в смысле минимума относительной длительности переходного процесса или максимума относительной полосы пропускания частот, и предложена методика расчета соответствующих значений коэффициентов передаточной функции звена для различных значений n .

1. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Как правило, первое необходимое требование к динамическим характеристикам звена с передаточной функцией (1) состоит в устойчивости его движения. Далее предполагается, что это требование выполнено.

При проектировании рассматриваемых систем обычно предъявляется требование минимума длительности переходного процесса t_n или максимума ширины полосы пропускания частот ω_n . Под эти-



ми динамическими характеристиками будем понимать наиболее распространенные в инженерной практике понятия:

— длительность переходного процесса t_{π} — это время достижения переходным процессом заданной трубки точности $1 \pm \Delta$, где Δ — допустимая переходная погрешность;

— полоса пропускания $(0, \omega_{\pi})$ — это полоса частот, в которой АЧХ звена еще остается внутри заданной трубки точности $1 \pm \varepsilon$, где ε — допустимая частотная погрешность.

В идеальном случае $t_{\pi} = 0$ или $\omega_{\pi} \rightarrow \infty$. Поскольку для звена (1) выполнение этих условий невозможно, оптимальными считаются такие значения параметров системы, при которых длительность переходного процесса минимальна или ширина полосы пропускания частот максимальна.

Введя в передаточную функцию (1) переменную $q = p/\omega_0$, получим относительную передаточную функцию

$$W(q) = \frac{1}{q^n + a_1 q^{n-1} + \dots + a_{n-1} q + 1}. \quad (3)$$

В этом случае аргументами функций (2) являются безразмерные время $\tau = \omega_0 t$ и частота $\gamma = \omega/\omega_0$. Отсюда следует $t_{\pi} = \tau_{\pi}/\omega_0$, $\omega_{\pi} = \gamma_{\pi}\omega_0$, где τ_{π} и γ_{π} — относительные длительность переходного процесса и ширина полосы пропускания частот, зависящие от конструктивных параметров звена и допустимой динамической погрешности. Их можно определить графическим способом, если на графики функций $h_0(\tau) = L^{-1}(W(q)/q)$ и $A_0(\gamma) = |W(j\gamma)|$ наложить трубку точности и определить соответствующие значения аргументов.

Требуется: для динамического звена с передаточной функцией (3) определить коэффициенты $a_i, i = \overline{1, n-1}$, обеспечивающие:

— минимальную относительную длительность переходного процесса $\tau_{\pi} = \tau_{\pi \min}$;

— максимальную относительную ширину полосы пропускания частот $\gamma_{\pi} = \gamma_{\pi \max}$.

2. УСЛОВИЯ ОПТИМАЛЬНОСТИ

На рис. 1 показаны формы переходного процесса и АЧХ для звена (3) относительно невысокого порядка $n \leq 3$. В этом случае различают монотонный переходный процесс и пологую АЧХ (кривые 1), колебательный переходный процесс и одногорбую АЧХ (кривые 2), монотонно-периодический переходный процесс и двугорбую АЧХ (кривые 3).

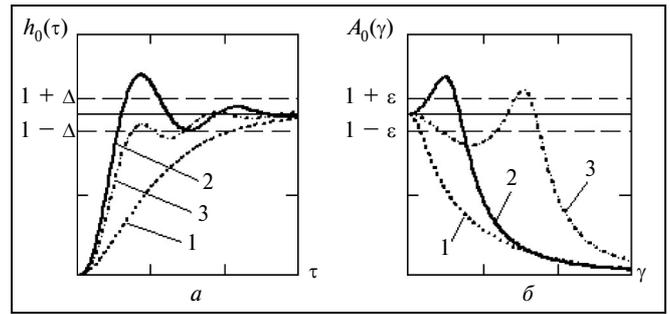


Рис. 1. Динамические характеристики звена невысокого порядка ($n \leq 3$): а — переходный процесс; б — амплитудно-частотная характеристика

Сформулируем условия, при которых рассматриваемые динамические характеристики звена (3) являются оптимальными.

Утверждение 1. *Относительная длительность переходного процесса τ_{π} минимальна, если его график $n - 1$ раз последовательно касается границ трубки точности, причем первое касание относится к верхней границе.*

Утверждение 2. *Относительная ширина полосы пропускания частот γ_{π} максимальна, если АЧХ $n - 1$ раз последовательно касается границ трубки точности, причем последнее касание относится к верхней границе.*

Эти утверждения следуют из идей П.Л. Чебышева о свойствах функций, наименее отклоняющихся от нуля [2]. При оптимальных значениях параметров рассматриваемых систем такими свойствами должны обладать относительная переходная погрешность $\delta h(\tau) = 1 - h_0(\tau)$ и относительная частотная погрешность $\delta A(\gamma) = 1 - A_0(\gamma)$.

Переходный процесс и АЧХ, удовлетворяющие этим условиям, будем называть равноволновыми динамическими характеристиками порядка $n - 1$. Тогда сформулированные утверждения 1 и 2 сводятся к одному утверждению — *оптимальными динамическими характеристиками простой динамической системы n -го порядка являются равноволновые динамические характеристики порядка $n - 1$.*

3. НЕКОТОРЫЕ КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

При $n = 1$ передаточная функция рассматриваемой системы совпадает с передаточной функцией инерционного звена

$$W_1(p) = \frac{1}{T_1 p + 1},$$

где T_1 — постоянная времени, при $n = 2$ — с передаточной функцией колебательного звена

$$W_2(p) = \frac{\omega_0^2}{p^2 + 2\xi\omega_0 p + \omega_0^2} = \frac{1}{T_2^2 p^2 + 2\xi T_2 p + 1},$$

где $T_2 = 1/\omega_0$ — постоянная времени; ξ — относительный коэффициент демпфирования, $a_1 = 2\xi$. Если $n = 3$, то возможны две формы записи:

$$W_3(p) = \frac{\omega_0^3}{p^3 + a_1\omega_0 p^2 + a_2\omega_0^2 p + \omega_0^3} = \frac{1}{T_3^3 p^3 + a_1 T_3^2 p^2 + a_2 T_3 p + 1}$$

или

$$W_3(p) = \frac{1}{(T_1 p + 1)(T_2^2 p^2 + 2\xi T_2 p + 1)} = \frac{1}{(Qs + 1)(s^2 + 2\xi s + 1)},$$

где $T_1, T_2, T_3 = 1/\omega_0$ — постоянные времени, a_1 и a_2 — параметры Вышнеградского, $Q = T_1/T_2$ — относительная постоянная времени, $s = T_2 p$.

Переходный процесс в системе первого порядка всегда монотонный, а АЧХ всегда пологая (см. кривые 1 на рис. 1). Единственная возможность снижения длительности переходного процесса и расширения полосы пропускания частот в такой системе — снижение постоянной времени T_1 .

Форма переходного процесса и АЧХ системы второго порядка зависят от значения относительного коэффициента демпфирования ξ . Если $0 < \xi < 1$, то переходный процесс колебательный, если $\xi \geq 1$ — монотонный. Если $0 < \xi < \sqrt{2}/2$, то АЧХ одногорбая, если $\xi \geq \sqrt{2}/2$, то она пологая (см. кривые 2 на рис. 1).

В такой системе возможен оптимальный выбор относительного коэффициента демпфирования ξ , обеспечивающий минимальную относительную длительность переходного процесса либо максимальную относительную ширину полосы пропускания частот [3]. В первом случае

$$\xi = \frac{\ln(1/\Delta)}{\sqrt{\pi^2 + \ln^2(1/\Delta)}},$$

$$\text{во втором } \xi = \sqrt{(1 - \sqrt{1 - (1 + \varepsilon)^{-2}})/2}.$$

На рис. 2 показаны характеристики, соответствующие этим значениям ξ .

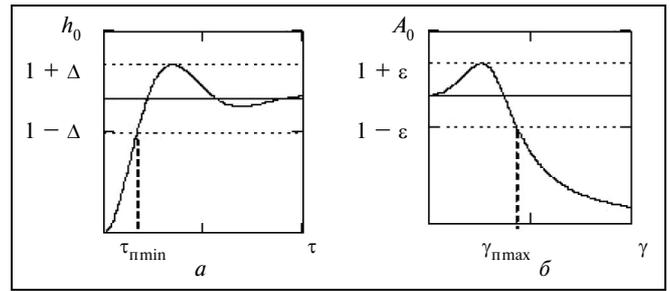


Рис. 2. Оптимальные динамические характеристики колебательного звена: *a* — переходный процесс; *b* — амплитудно-частотная характеристика

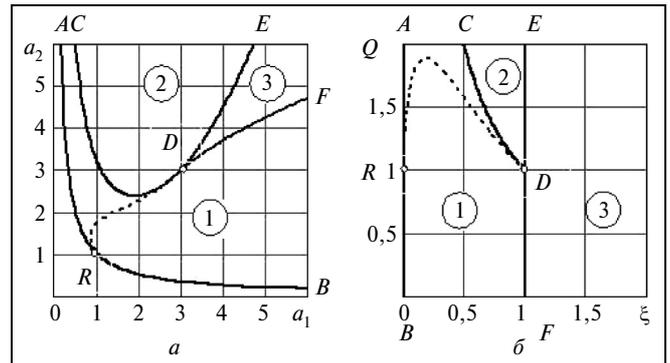


Рис. 3. Диаграммы переходных характеристик звена третьего порядка: *a* — диаграмма Вышнеградского; *b* — переходная ξQ -диаграмма

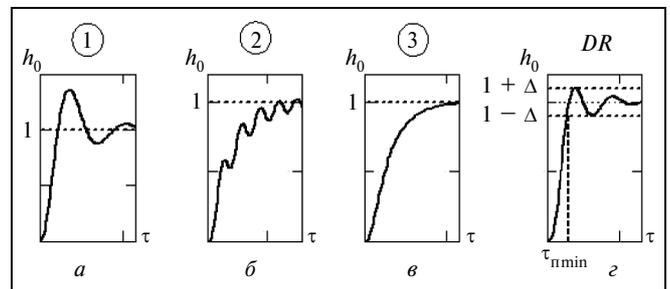


Рис. 4. Виды переходных процессов звена третьего порядка: *a* — колебательный; *b* — монотонно-периодический; *v* — монотонный; *z* — оптимальный

Форму переходного процесса в системе третьего порядка можно определить с помощью диаграммы Вышнеградского, показанной на рис. 3, *a*. В табл. 1 приведены уравнения границ областей этой диаграммы. Если точка с соответствующими координатами (a_1, a_2) попадает в области 1, 2 или 3 диаграммы, то переходный процесс оказывается соответственно колебательным (рис. 4, *a*), монотонно — периодическим (рис. 4, *b*) или монотонным (рис. 4, *v*).



Штриховая кривая DR соответствует оптимальной форме переходного процесса, показанной на рис. 4, z . В этом случае график переходной функции касается сначала верхней и затем нижней границы трубки точности. В результате относительная длительность переходного процесса оказывается минимальной.

Каждой точке на кривой DR соответствует определенное значение относительной переходной погрешности Δ , причем по мере приближения к точке D оно уменьшается, а значение $\tau_{п\ min}$ возрастает.

Вид диаграммы Вышнеградского в плоскости параметров ξ, Q показан на рис. 3, b . В этом случае значительно упрощаются уравнения границ, отделяющих области с переходными процессами различной формы (табл. 2). Такую диаграмму будем называть переходной ξQ -диаграммой. Из нее видно, что в системе третьего порядка переходный процесс монотонный при $Q > 0, \xi \geq 1$, колебательный при $0 < Q < 1/\xi, 0 < \xi < 1$ и монотонно-периодический при $Q > 1/\xi, 0 < \xi < 1$.

Для исследования зависимости формы АЧХ от параметров системы третьего порядка можно построить аналогичные диаграммы (рис. 5). На рис. 5, a показана частотная $a_1 a_2$ -диаграмма, построенная в плоскости параметров Вышнеградского, на рис. 5, b — частотная ξQ -диаграмма, построенная в плоскости параметров ξ, Q . Координаты характерных точек этих диаграмм: для рис. 5, a — $B(2^{-1/3}, 2^{1/3}), D(2, 2), G(3, 6^{1/2})$; для рис. 5, b — $B(0, 2^{1/2}), D(2^{-1}, 1), G(2^{-1/2}, 0)$. В табл. 3 и 4 приведены уравнения границ областей этих диаграмм.

Если параметры системы таковы, что точка (a_1, a_2) (или, соответственно, точка (ξ, Q)) попадает в области 1, 2, 4 и 6, или на границы 3 и 5 этих областей, то форма АЧХ системы будет такой, как показано на рис. 6. На этом рисунке кривая 1 соответствует одnogорбой резонансной АЧХ, кривые 2, 3, 4 — двугорбым АЧХ (с разным соотношением горбов), кривая 5 — стулообразной АЧХ, а кривая 6 — пологой АЧХ.

На рис. 6, $ж$ показана форма АЧХ оптимальной системы третьего порядка. График такой АЧХ касается сначала нижней, а затем верхней границы трубки точности $1 \pm \epsilon$ прежде чем выйти за ее пределы. В этом случае относительная ширина полосы пропускания частот $\gamma_{п\ max}$ максимальна.

На диаграммах рис. 5, a и b такой форме АЧХ соответствуют штриховые кривые DR . Каждой точке на этих кривых соответствует определенное значение относительной частотной погрешности ϵ ,

Таблица 1

Уравнения границ областей диаграммы Вышнеградского

Обозначение границы на рис. 3, a	Уравнение границы	Область допустимых значений параметра a_1
ARB	$a_2 = 1/a_1$	$a_1 > 0$
CD	$a_2 = (2/9)a_1^2 + 3/a_1$	$0 < a_1 \leq 3$
DE, DF	$(a_1 a_2)^2 - 4(a_1^3 + a_2^3) + 18a_1 a_2 - 27 = 0$	$a_1 > 3$

Таблица 2

Уравнения границ областей переходной ξQ -диаграммы

Обозначение границы на рис. 3, a	Уравнение границы	Область допустимых значений параметра ξ
ARB	$\xi = 0$	—
CD	$Q = 1/\xi$	$0 < \xi < 1$
EDF	$\xi = 1$	—

Таблица 3

Уравнения границ областей частотной $a_1 a_2$ -диаграммы

Обозначение границы на рис. 5, a	Уравнение границы	Область допустимых значений параметра a_1
ABC	$a_2 = 1/a_1$	$a_1 > 0$
ED	$a_2 = 0,25a_1^2 + 2/a_1$	$0 < a_1 < 2$
FD	$a_2 = 2a_1^2 \pm \sqrt{3a_1(a_1^3 - 2)}$	$\sqrt[3]{2} \leq a_1 \leq 2$
BDG	$a_2 = \sqrt{2a_1}$	$a_1 \geq 1/\sqrt[3]{2}$

Таблица 4

Уравнения границ областей частотной ξQ -диаграммы

Обозначение границы на рис. 5, b	Уравнение границы	Область допустимых значений параметров
ABC	$\xi = 0$	—
BDG	$Q = \sqrt{2 - 4\xi^2}$	$0 < \xi < 1/\sqrt{2}$
ED	$Q = 1/2\xi$	$0 < \xi < 1/2$
FD	$\xi = \frac{1}{4Q} \sqrt{2 + 8Q^2 - 2\sqrt{12Q^4 - 3}}$	$Q > 1$

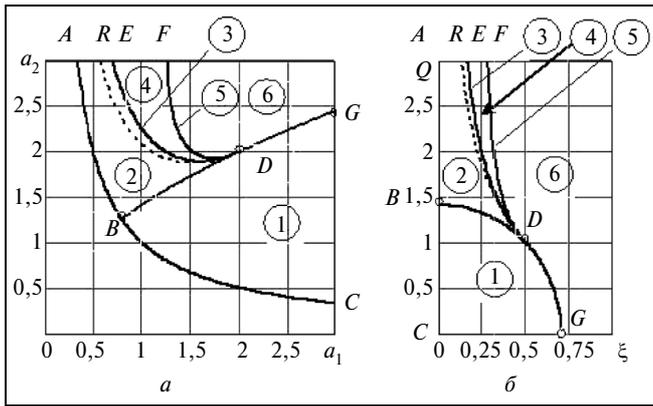


Рис. 5. Частотные диаграммы звена третьего порядка:
 а — частотная $a_1 a_2$ -диаграмма; б — частотная ξQ -диаграмма

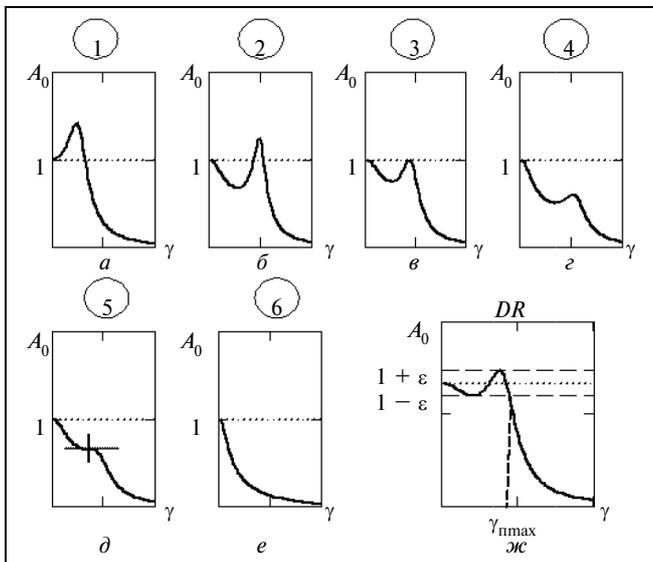


Рис. 6. АЧХ звена третьего порядка: а — одногорбая; б, в и г — двугорбая; д — седлообразная; е — пологая; ж — оптимальная

причем по мере приближения к точке D эта погрешность и значение $\gamma_{п\max}$ уменьшаются.

С увеличением порядка n передаточной функции (3) все более разнообразными становятся возможные формы переходных процессов и АЧХ. Среди них существуют оптимальные формы. Для системы второго порядка они показаны на рис. 2. Графики характеристик имеют одну точку касания с верхней границей трубки точности.

Оптимальные формы переходного процесса и АЧХ для системы третьего порядка показаны на рис. 7. Они имеют две точки касания с границами трубки точности [4].

Если $0,1\% \leq \Delta \leq 5\%$, то для получения оптимального переходного процесса достаточно выполнить соотношения: $a_2 = 1,719 + 0,14a_1^2 - 0,002a_1^3$,

где $1,5 \leq a_1 \leq 2,3$, или $Q = 2,215 - 1,287\xi$, где $0,34 \leq \xi \leq 0,71$. В этом случае справедлива формула $\tau_{п\min} \approx 0,777 \ln(3/\Delta)$.

Оптимальной форме АЧХ системы третьего порядка соответствуют другие соотношения: $a_2 = 0,269a_1^2 + 1,89/a_1$, где $1,4 \leq a_1 \leq 1,7$, или

Таблица 5

Значения коэффициентов передаточной функции звена (3), оптимизированных по критерию минимума относительной длительности переходного процесса, $n = 6$

$\Delta, \%$	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	τ_{\min}
0,1	3,197	6,940	9,211	8,053	4,184	7,188
0,2	2,971	6,534	8,663	7,703	4,080	6,776
0,3	2,836	6,302	8,341	7,499	4,018	6,525
0,4	2,739	6,141	8,114	7,355	3,974	6,323
0,5	2,664	6,019	7,939	7,244	3,939	6,192
0,6	2,604	5,922	7,798	7,155	3,911	6,085
0,7	2,553	5,841	7,680	7,079	3,887	5,994
0,8	2,510	5,772	7,579	7,015	3,866	5,915
0,9	2,473	5,712	7,491	6,958	3,848	5,845
1,0	2,440	5,659	7,413	6,908	3,832	5,783
2,0	2,248	5,332	6,934	6,590	3,729	5,387
3,0	2,165	5,157	6,691	6,417	3,672	5,166
4,0	2,128	5,043	6,542	6,300	3,634	5,023
5,0	2,114	4,961	6,442	6,214	3,607	4,914
10,0	2,194	4,772	6,236	5,975	3,529	4,600

Таблица 6

Значения коэффициентов передаточной функции звена (3), оптимизированных по критерию максимума относительной полосы пропускания частот, $n = 6$

$\varepsilon, \%$	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	$\gamma_{п\max}$
0,1	2,680	5,423	6,854	6,162	3,500	1,119
0,2	2,534	5,268	6,620	6,050	3,460	1,184
0,3	2,441	5,180	6,471	5,984	3,433	1,224
0,4	2,371	5,119	6,358	5,938	3,412	1,252
0,5	2,314	5,073	6,267	5,903	3,395	1,275
0,6	2,266	5,037	6,189	5,875	3,380	1,295
0,7	2,224	5,008	6,121	5,852	3,367	1,311
0,8	2,187	4,983	6,060	5,833	3,355	1,327
0,9	2,154	4,962	6,004	5,816	3,344	1,339
1,0	2,124	4,943	5,954	5,802	3,333	1,351
2,0	1,910	4,840	5,587	5,723	3,252	1,431
3,0	1,773	4,797	5,338	5,695	3,190	1,480
4,0	1,670	4,777	5,144	5,687	3,137	1,516
5,0	1,587	4,768	4,981	5,689	3,091	1,544
10,0	1,309	4,791	4,393	5,770	2,900	1,637

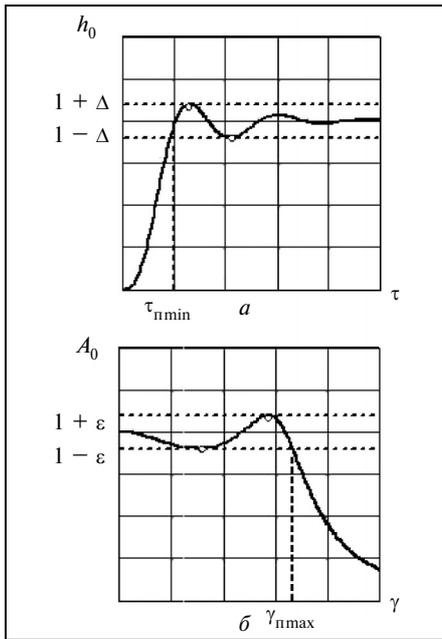


Рис. 7. Динамические характеристики оптимального звена третьего порядка: *a* – переходный процесс; *b* – амплитудно-частотная характеристика

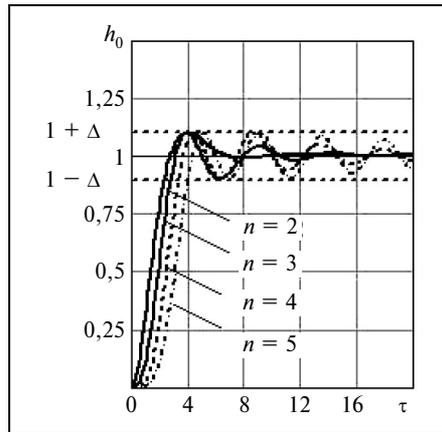


Рис. 8. Оптимальные переходные процессы звена (3) для $n = 2, 3, 4, 5$ и $\Delta = 10\%$

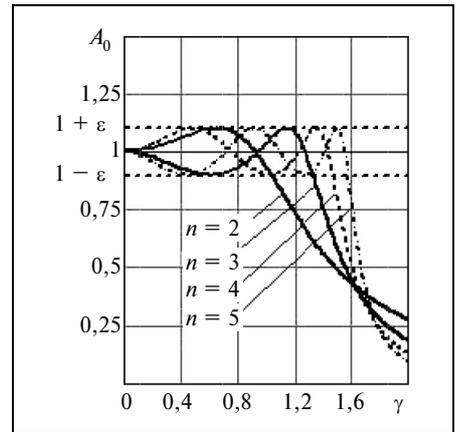


Рис. 9. Оптимальные АЧХ звена (3) для $n = 2, 3, 4, 5$ и $\epsilon = 10\%$

$Q = 0,563\xi^{-0,858}$, где $0,3 \leq \xi \leq 0,4$. При этом $\gamma_{п\ max} = 1,929\epsilon^{0,166}$.

В общем случае для каждого числа n при заданной ширине трубки точности существуют единственный оптимальный переходный процесс и единственная оптимальная АЧХ звена (3). На рис. 8 и 9 они показаны для случаев $n = 2, 3, 4, 5$ и $\Delta = \epsilon = 10\%$. В работе [5] приведены оптимальные значения коэффициентов a_1, a_2, \dots, a_{n-1} передаточной функции звена (3) для случаев $n = 2, 3, 4, 5$ и $\Delta = \epsilon = 0,1; 0,2; \dots, 1; 2; \dots, 10\%$, в табл. 5 и 6 они показаны для случая $n = 6$.

Все графики характеризуются наличием поочередных касаний пиковых отклонений переходной характеристики и АЧХ системы с границами трубки точности. Число таких касаний на единицу меньше порядка передаточной функции системы. При произвольном значении n их число должно быть равно $n - 1$. В этом случае относительная длительность переходного процесса $\tau_{п}$ минимальна, а относительная ширина полосы пропускания частот $\gamma_{п}$ максимальна.

На рис. 10 показано распределение корней характеристического уравнения системы с оптимальными значениями параметров для случаев $\Delta = 1\%$ (рис. 10, *a*) и $\Delta = 10\%$ (рис. 10, *б*). Видно, что с увеличением порядка n и ширины трубки точности корни характеристического уравнения такой системы приближаются к мнимой оси, т. е. снижается степень устойчивости системы.

Расчет коэффициентов a_1, a_2, \dots, a_{n-1} передаточной функции звена (3), оптимизированных по критерию $\tau_{п} = \tau_{п\ min}$, сводится к решению системы

$2(n - 1)$ алгебраических уравнений относительно $2(n - 1)$ неизвестных: искомым коэффициентов a_1, a_2, \dots, a_{n-1} и абсцисс $\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_{n-1}$ точек экстремумов относительной переходной погрешности

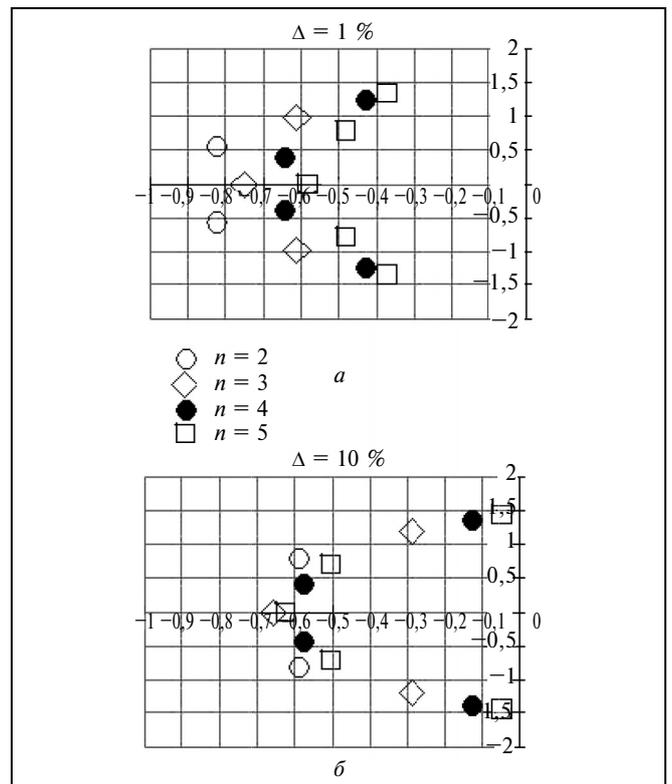


Рис. 10. Распределение корней характеристического уравнения оптимальной системы для $n = 2, 3, 4, 5$ и $\Delta = 1\%$ (*a*), $\Delta = 10\%$ (*б*)

$\delta h(\tau) = 1 - h_0(\tau)$, в которых она достигает предельных значений $\pm \Delta$:

$$h_0(\tau_i, a_1, a_2, \dots, a_{n-1}) = 1 + (-1)^{i+1} \Delta,$$

$$\dot{h}_0(\tau_i, a_1, a_2, \dots, a_{n-1}) = 0, \quad i = \overline{1, n-1},$$

где $\dot{h}_0 = dh_0/d\tau$.

Аналогично, для расчета коэффициентов a_1, a_2, \dots, a_{n-1} , оптимизированных по критерию $\gamma_{\Pi} = \gamma_{\Pi \max}$ нужно найти решение системы $2(n-1)$ алгебраических уравнений

$$A_0(\gamma_k, a_1, a_2, \dots, a_{n-1}) = 1 + (-1)^{k+n+1} \varepsilon,$$

$$A'_0(\gamma_k, a_1, a_2, \dots, a_{n-1}) = 0, \quad k = \overline{1, n-1},$$

где $A'_0 = dA_0/d\gamma$;

$\gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_{n-1}$ — абсциссы точек экстремумов относительной частотной погрешности $\delta A_0(\gamma) = 1 - A_0(\gamma)$, в которых она достигает предельных значений $\pm \varepsilon$. Для решения этих задач удобно воспользоваться программой Mathcad [5].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сформулированы условия, при выполнении которых относительная длительность переходного процесса в системе n -го порядка минимальна или

относительная ширина полосы пропускания частот максимальна. Найдены соответствующие оптимальные значения коэффициентов передаточной функции системы для случая $n = 6$. Предложена модификация диаграммы Вышнеградского и даны новые диаграммы, упрощающие решение задач анализа и синтеза динамических систем третьего порядка.

ЛИТЕРАТУРА

1. Попов Е.П. Динамика систем автоматического регулирования. — М.: Гостехиздат, 1954. — 798 с.
2. Чебышев П.Л. Вопросы о наименьших величинах, связанные с приближенным представлением функции // Чебышев П.Л. Сочинения. — СПб., 1899. — Т. 1. — 273–378 с.
3. Браславский Д.А., Петров В.В. Точность измерительных устройств. М.: Машиностроение, 1976. — 312 с.
4. Шенетов А.Г. Теория, расчет и проектирование измерительных устройств: Ч. 1. Теория измерительных устройств. — М.: Стандартинформ, 2006. — 326 с.
5. Шенетов А.Г. Автоматизация инженерных расчетов в среде Mathcad: Практическое пособие. — М.: Стандартинформ, 2006. — 263 с.

☎ (495) 269-51-22, 269-50-87

Статья представлена к публикации членом редколлегии С.Д. Земляковым. □

Международная конференция

«Перспективы использования новых технологий и научно-технических решений в ракетно-космической и авиационной промышленности»

AEROSPACE
2008

20—24 августа 2008 г.,
Москва, Экспоцентр на Красной Пресне

ТЕМАТИКА КОНФЕРЕНЦИИ

- Теория и системы управления космическими аппаратами.
- Управление безопасностью объектов РКТ.
- Использование методов искусственного интеллекта в аэрокосмической области.
- Системы поддержки принятия решений.
- Новые технологии и интеллектуальные системы в аэрокосмической технике.
- Роботы и робототехнические системы в космонавтике.
- Новые информационные технологии, средства виртуальной реальности в автоматизированном проектировании РКТ.

ОРГАНИЗАТОРЫ:

- Российская академия наук;
- Министерство образования и науки РФ;
- РКЦ «Энергия»;
- Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН;
- ФГУП ГКНПЦ им. М.В. Хруничева.

КЛЮЧЕВЫЕ ДАТЫ:

до 5 июня 2008 г. — заявка на участие в конференции, перевод оргвзноса;
до 10 июня 2008 г. — тексты докладов;
доклады и заявки высылаются по e-mail: conf18@ipu.ru

АДРЕС ОРГКОМИТЕТА:

117997, Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная, 65, Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,
Оргкомитет конференции: телефоны для справок (495) 334-93-50, факс (495) 334-91-29,
e-mail: conf18@ipu.ru, URL: <http://lab18.ipu.ru>

Председатель конференции — д-р техн. наук, проф. Артамонов Евгений Иванович.
Ученый секретарь — канд. техн. наук., с.н.с. Смирнов Сергей Владимирович.