

УДК 62

**АНАЛИЗ ПЕРЕХОДНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК  
СИСТЕМЫ ШЕСТОГО ПОРЯДКА С ТРЕМЯ КОРНЯМИ КРАТНОСТЬЮ ДВА  
ХАРАКТЕРИСТИЧЕСКОГО УРАВНЕНИЯ**



**THE ANALYSIS OF TRANSIENT CHARACTERISTICS  
OF A SIXTH ORDER SYSTEM WITH THREE DOUBLE SOLUTIONS  
OF THE CHARACTERISTIC EQUATION**

**Добробаба Юрий Петрович**

кандидат технических наук, доцент,  
доцент кафедры электроснабжения  
промышленных предприятий,  
Кубанский государственный  
технологический университет

**Мурлин Алексей Георгиевич**

кандидат технических наук, доцент,  
доцент кафедры информационных систем  
и программирования,  
Кубанский государственный  
технологический университет

**Печёнкин Олег Андреевич**

студент,  
Кубанский государственный  
технологический университет  
pchn257@mail.ru

**Аннотация.** В статьях выполнен анализ переходных характеристик систем шестого порядка: с одним корнем кратности шесть характеристического уравнения [1]; с одним корнем кратностью пять и с одним корнем кратностью один [2]; с одним корнем кратностью четыре и с одним корнем кратностью два [3]; с одним корнем кратностью четыре и с двумя корнями кратностью один [4]; с двумя корнями кратностью три [5]; с одним корнем кратностью три, с одним корнем кратностью два и одним корнем кратностью один [6]; с одним корнем кратностью три и с тремя корнями кратностью один [7]; с шестью корнями кратностью один [8]. В данной статье анализируются переходные характеристики системы шестого порядка с тремя корнями кратностью два характеристического уравнения.

Найдены переходные характеристики систем шестого порядка с тремя корнями кратностью два характеристического уравнения с полиномом нулевой степени и с полиномом первой степени в числителе передаточной функции.

**Ключевые слова:** переходная характеристика, характеристическое уравнение системы шестого порядка, корни характеристического уравнения.

**Dobrobaba Yury Petrovich**

Candidate of technical sciences,  
Associate Professor,  
Associate Professor of department  
of power supply industrial enterprises,  
Kuban state technological university

**Murlin Aleksey Georgievich**

Candidate of technical sciences,  
Associate Professor,  
Associate Professor of department  
of information systems and programming,  
Kuban state technological university

**Pechonkin Oleg Andreevich**

Student,  
Kuban state technological university  
pchn257@mail.ru

**Annotation.** Articles analyze the transient characteristics of a sixth order systems: with six-time solution [1]; with five-time solution and one-time solutions [2]; with four-time solution and double solution of the characteristic equation [3]; with four-time solution and two one-time solutions [4]; with two triple solutions [5]; with triple solution, double solution and one-time solution [6]; with triple solution and three one-time solutions [7]; with six one-time solutions of the characteristic equation [8]. This article analyzes the transient characteristics of a sixth order system with three double solutions of the characteristic equation.

Transitional characteristics of sixth order systems with three double solutions of the characteristic equation with a zero degree polynomial and a first degree polynomial in numerator of transfer function are found.

**Keywords:** transition characteristic, sixth order characteristic equation system, the solution of the characteristic equation.

**П**ередаточная функция системы шестого порядка с тремя корнями кратностью два характеристического уравнения имеет вид:

$$W_{60}(p) = \frac{1}{(T_1 p + 1)^2 \cdot (T_2 p + 1)^2 \cdot (T_3 p + 1)^2},$$

где  $T_1$ ,  $T_2$  и  $T_3$  – постоянные времени полинома знаменателя передаточной функции шестого порядка.

Корни характеристического уравнения системы шестого порядка с тремя корнями кратностью два характеристического уравнения:

$$p_{1+2} = -\frac{1}{T_1}, p_{3+4} = -\frac{1}{T_2}, p_{5+6} = -\frac{1}{T_3}.$$

Переходная характеристика системы шестого порядка с тремя корнями кратностью два характеристического уравнения и её первых пяти производных соответственно равны:

$$h_{60}(t) = K_1 \cdot e^{-\frac{t}{T_1}} + K_2 \cdot t \cdot e^{-\frac{t}{T_1}} + K_3 \cdot e^{-\frac{t}{T_2}} + K_4 \cdot t \cdot e^{-\frac{t}{T_2}} + K_5 \cdot e^{-\frac{t}{T_3}} + K_6 \cdot t \cdot e^{-\frac{t}{T_3}} + K_7;$$

$$h_{60}^{(1)}(t) = \left(-\frac{K_1}{T_1} + K_2\right) \cdot e^{-\frac{t}{T_1}} - \frac{K_2}{T_1} \cdot t \cdot e^{-\frac{t}{T_1}} + \left(-\frac{K_3}{T_2} + K_4\right) \cdot e^{-\frac{t}{T_2}} - \frac{K_4}{T_2} \cdot t \cdot e^{-\frac{t}{T_2}} + \left(-\frac{K_5}{T_3} + K_6\right) \cdot e^{-\frac{t}{T_3}} - \frac{K_6}{T_3} \cdot t \cdot e^{-\frac{t}{T_3}};$$

$$h_{60}^{(2)}(t) = \left(\frac{K_1}{T_1^2} - 2 \cdot \frac{K_2}{T_1}\right) \cdot e^{-\frac{t}{T_1}} + \frac{K_2}{T_1^2} \cdot t \cdot e^{-\frac{t}{T_1}} + \left(\frac{K_3}{T_2^2} - 2 \cdot \frac{K_4}{T_2}\right) \cdot e^{-\frac{t}{T_2}} + \frac{K_4}{T_2^2} \cdot t \cdot e^{-\frac{t}{T_2}} + \left(\frac{K_5}{T_3^2} - 2 \cdot \frac{K_6}{T_3}\right) \cdot e^{-\frac{t}{T_3}} + \frac{K_6}{T_3^2} \cdot t \cdot e^{-\frac{t}{T_3}};$$

$$h_{60}^{(3)}(t) = \left(-\frac{K_1}{T_1^3} + 3 \cdot \frac{K_2}{T_1^2}\right) \cdot e^{-\frac{t}{T_1}} - \frac{K_2}{T_1^3} \cdot t \cdot e^{-\frac{t}{T_1}} + \left(-\frac{K_3}{T_2^3} + 3 \cdot \frac{K_4}{T_2^2}\right) \cdot e^{-\frac{t}{T_2}} - \frac{K_4}{T_2^3} \cdot t \cdot e^{-\frac{t}{T_2}} + \left(-\frac{K_5}{T_3^3} + 3 \cdot \frac{K_6}{T_3^2}\right) \cdot e^{-\frac{t}{T_3}} - \frac{K_6}{T_3^3} \cdot t \cdot e^{-\frac{t}{T_3}};$$

$$h_{60}^{(4)}(t) = \left(\frac{K_1}{T_1^4} - 4 \cdot \frac{K_2}{T_1^3}\right) \cdot e^{-\frac{t}{T_1}} + \frac{K_2}{T_1^4} \cdot t \cdot e^{-\frac{t}{T_1}} + \left(\frac{K_3}{T_2^4} - 4 \cdot \frac{K_4}{T_2^3}\right) \cdot e^{-\frac{t}{T_2}} + \frac{K_4}{T_2^4} \cdot t \cdot e^{-\frac{t}{T_2}} + \left(\frac{K_5}{T_3^4} - 4 \cdot \frac{K_6}{T_3^3}\right) \cdot e^{-\frac{t}{T_3}} + \frac{K_6}{T_3^4} \cdot t \cdot e^{-\frac{t}{T_3}};$$

$$h_{60}^{(5)}(t) = \left(-\frac{K_1}{T_1^5} + 5 \cdot \frac{K_2}{T_1^4}\right) \cdot e^{-\frac{t}{T_1}} - \frac{K_2}{T_1^5} \cdot t \cdot e^{-\frac{t}{T_1}} + \left(-\frac{K_3}{T_2^5} + 5 \cdot \frac{K_4}{T_2^4}\right) \cdot e^{-\frac{t}{T_2}} - \frac{K_4}{T_2^5} \cdot t \cdot e^{-\frac{t}{T_2}} + \left(-\frac{K_5}{T_3^5} + 5 \cdot \frac{K_6}{T_3^4}\right) \cdot e^{-\frac{t}{T_3}} - \frac{K_6}{T_3^5} \cdot t \cdot e^{-\frac{t}{T_3}}.$$

Так как начальные и конечные значения системы шестого порядка (с точки зрения физики) имеют вид:

$$h_{60}(0) = 0;$$

$$h_{60}^{(1)}(0) = 0;$$

$$h_{60}^{(2)}(0) = 0;$$

$$h_{60}^{(3)}(0) = 0;$$

$$h_{60}^{(4)}(0) = 0;$$

$$h_{60}^{(5)}(0) = 0;$$

$$h_{60}(\infty) = 1,$$

а начальные и конечные значения системы шестого порядка (с точки зрения математики) имеют вид:

$$h_{60}(0) = K_1 + K_3 + K_5 + K_7;$$

$$h_{60}^{(1)}(0) = -\frac{K_1}{T_1} + K_2 - \frac{K_3}{T_2} + K_4 - \frac{K_5}{T_3} + K_6;$$

$$h_{60}^{(2)}(0) = \frac{K_1}{T_1^2} - 2 \cdot \frac{K_2}{T_1} + \frac{K_3}{T_2^2} - 2 \cdot \frac{K_4}{T_2} + \frac{K_5}{T_3^2} - 2 \cdot \frac{K_6}{T_3};$$

$$h_{60}^{(3)}(0) = -\frac{K_1}{T_1^3} + 3 \cdot \frac{K_2}{T_1^2} - \frac{K_3}{T_2^3} + 3 \cdot \frac{K_4}{T_2^2} - \frac{K_5}{T_3^3} + 3 \cdot \frac{K_6}{T_3^2};$$

$$h_{60}^{(4)}(0) = \frac{K_1}{T_1^4} - 4 \cdot \frac{K_2}{T_1^3} + \frac{K_3}{T_2^4} - 4 \cdot \frac{K_4}{T_2^3} + \frac{K_5}{T_3^4} - 4 \cdot \frac{K_6}{T_3^3};$$

$$h_{60}^{(5)}(0) = -\frac{K_1}{T_1^5} + 5 \cdot \frac{K_2}{T_1^4} - \frac{K_3}{T_2^5} + 5 \cdot \frac{K_4}{T_2^4} - \frac{K_5}{T_3^5} + 5 \cdot \frac{K_6}{T_3^4};$$

$$h_{60}(\infty) = K_7,$$

то справедлива зависимость  $K_7 = 1$ .

При этом справедлива система уравнений:

$$K_1 + K_3 + K_5 + 1 = 0; \quad (1)$$

$$-\frac{K_1}{T_1} + K_2 - \frac{K_3}{T_2} + K_4 - \frac{K_5}{T_3} + K_6 = 0; \quad (2)$$

$$\frac{K_1}{T_1^2} - 2 \cdot \frac{K_2}{T_1} + \frac{K_3}{T_2^2} - 2 \cdot \frac{K_4}{T_2} + \frac{K_5}{T_3^2} - 2 \cdot \frac{K_6}{T_3} = 0; \quad (3)$$

$$-\frac{K_1}{T_1^3} + 3 \cdot \frac{K_2}{T_1^2} - \frac{K_3}{T_2^3} + 3 \cdot \frac{K_4}{T_2^2} - \frac{K_5}{T_3^3} + 3 \cdot \frac{K_6}{T_3^2} = 0; \quad (4)$$

$$\frac{K_1}{T_1^4} - 4 \cdot \frac{K_2}{T_1^3} + \frac{K_3}{T_2^4} - 4 \cdot \frac{K_4}{T_2^3} + \frac{K_5}{T_3^4} - 4 \cdot \frac{K_6}{T_3^3} = 0; \quad (5)$$

$$-\frac{K_1}{T_1^5} + 5 \cdot \frac{K_2}{T_1^4} - \frac{K_3}{T_2^5} + 5 \cdot \frac{K_4}{T_2^4} - \frac{K_5}{T_3^5} + 5 \cdot \frac{K_6}{T_3^4} = 0. \quad (6)$$

Из уравнения (6) следует, что:

$$K_6 = K_1 \cdot \frac{T_3^4}{5T_1^5} - K_2 \cdot \frac{T_3^4}{T_1^4} + K_3 \cdot \frac{T_3^4}{5T_2^5} - K_4 \cdot \frac{T_3^4}{T_2^4} + K_5 \cdot \frac{1}{5T_3}. \quad (7)$$

Из уравнений (5) и (7) следует, что:

$$K_4 = K_1 \cdot \frac{T_2^4 \cdot (5T_1 - 4T_3)}{20T_1^5 \cdot (T_2 - T_3)} - K_2 \cdot \frac{T_2^4 \cdot (T_1 - T_3)}{T_1^4 \cdot (T_2 - T_3)} + K_3 \cdot \frac{5T_2 - 4T_3}{20T_2 \cdot (T_2 - T_3)} + K_5 \cdot \frac{T_2^4}{20T_3^4 \cdot (T_2 - T_3)}. \quad (8)$$

Из уравнений (4), (7) и (8) следует, что:

$$K_2 = K_1 \cdot \frac{20T_1^2 - 15T_1T_2 - 15T_1T_3 + 12T_2T_3}{60T_1 \cdot (T_1 - T_2) \cdot (T_1 - T_3)} + K_3 \cdot \frac{5T_2 - 3T_3}{60 \cdot (T_1 - T_2) \cdot (T_1 - T_3)} - K_5 \cdot \frac{T_1^4 \cdot (3T_2 - 5T_3)}{60T_3^4 \cdot (T_1 - T_2) \cdot (T_1 - T_3)}. \quad (9)$$

Из уравнений (3), (7), (8), и (9) следует, что:

$$K_1 = -K_3 \cdot \frac{T_1^4}{T_2^4} \cdot \frac{10T_2^2 - 5T_1T_2 - 5T_2T_3 + 3T_1T_3}{10T_1^2 - 5T_1T_2 - 5T_1T_3 + 3T_2T_3} - K_5 \cdot \frac{T_1^4}{T_3^4} \cdot \frac{10T_3^2 - 5T_1T_3 - 5T_2T_3 + 3T_1T_2}{10T_1^2 - 5T_1T_2 - 5T_1T_3 + 3T_2T_3}. \quad (10)$$

Из уравнений (2), (7), (8), (9) и (10) следует, что:

$$K_3 = -K_5 \cdot \frac{T_2^4 \cdot (T_1 - T_3)^3 \cdot (T_2^2 - 3T_1T_2 + 5T_1T_3 - 3T_2T_3)}{T_3^4 \cdot (T_1 - T_2)^3 \cdot (T_3^2 + 5T_1T_2 - 3T_1T_3 - 3T_2T_3)}. \quad (11)$$

Из уравнений (1), (7), (8), (9), (10) и (11) следует, что:

$$K_1 = -\frac{T_1^4 \cdot (T_1^2 - 3T_1T_2 - 3T_1T_3 + 5T_2T_3)}{(T_1 - T_2)^3(T_1 - T_3)^3};$$

$$K_2 = -\frac{T_1^3}{(T_1 - T_2)^2 \cdot (T_1 - T_3)^2};$$

$$K_3 = \frac{T_2^4 \cdot (T_2^2 - 3T_1T_2 + 5T_1T_3 - 3T_2T_3)}{(T_1 - T_2)^3(T_2 - T_3)^3};$$

$$K_4 = -\frac{T_2^3}{(T_1 - T_2)^2 \cdot (T_2 - T_3)^2};$$

$$K_5 = -\frac{T_3^4 \cdot (T_3^2 + 5T_1T_2 - 3T_1T_3 - 3T_2T_3)}{(T_1 - T_3)^3(T_1 - T_3)^3};$$

$$K_6 = -\frac{T_3^3}{(T_1 - T_3)^2 \cdot (T_2 - T_3)^2}.$$

Таким образом, переходная характеристика системы шестого порядка с тремя корнями кратностью два характеристического уравнения и её первая производная соответственно равны:

$$\begin{aligned} h_{60}(t) = & -\frac{T_1^4 \cdot (T_1^2 - 3T_1T_2 - 3T_1T_3 + 5T_2T_3)}{(T_1 - T_2)^3(T_1 - T_3)^3} \cdot e^{-\frac{t}{T_1}} - \\ & -\frac{T_1^3}{(T_1 - T_2)^2 \cdot (T_1 - T_3)^2} \cdot t \cdot e^{-\frac{t}{T_1}} + \frac{T_2^4 \cdot (T_2^2 - 3T_1T_2 + 5T_1T_3 - 3T_2T_3)}{(T_1 - T_2)^3(T_2 - T_3)^3} \cdot e^{-\frac{t}{T_2}} - \\ & -\frac{T_2^3}{(T_1 - T_2)^2 \cdot (T_2 - T_3)^2} \cdot t \cdot e^{-\frac{t}{T_2}} - \frac{T_3^4 \cdot (T_3^2 + 5T_1T_2 - 3T_1T_3 - 3T_2T_3)}{(T_1 - T_3)^3(T_1 - T_3)^3} \cdot e^{-\frac{t}{T_3}} - \\ & -\frac{T_3^3}{(T_1 - T_3)^2 \cdot (T_2 - T_3)^2} \cdot t \cdot e^{-\frac{t}{T_3}} + 1; \\ h_{60}^{(1)}(t) = & -\frac{2T_1^3 \cdot (T_1T_2 + T_1T_3 - 2T_2T_3)}{(T_1 - T_2)^3(T_1 - T_3)^3} \cdot e^{-\frac{t}{T_1}} + \\ & + \frac{T_1^2}{(T_1 - T_2)^2 \cdot (T_1 - T_3)^2} \cdot t \cdot e^{-\frac{t}{T_1}} + \frac{2T_2^3 \cdot (T_1T_2 - 2T_1T_3 + T_2T_3)}{(T_1 - T_2)^3(T_1 - T_3)^3} \cdot e^{-\frac{t}{T_2}} + \\ & + \frac{T_2^2}{(T_1 - T_2)^2 \cdot (T_2 - T_3)^2} \cdot t \cdot e^{-\frac{t}{T_2}} - \frac{2T_3^3 \cdot (T_1T_3 - 2T_1T_2 + T_2T_3)}{(T_1 - T_3)^3(T_2 - T_3)^3} \cdot e^{-\frac{t}{T_3}} + \\ & + \frac{T_3^2}{(T_1 - T_3)^2 \cdot (T_2 - T_3)^2} \cdot t \cdot e^{-\frac{t}{T_3}}. \end{aligned}$$

Передаточная функция системы шестого порядка с тремя корнями кратностью два характеристического уравнения с полиномом первой степени в числителе передаточной функции имеет вид:

$$W_{61}(p) = \frac{\tau p + 1}{(T_1 p + 1)^2 \cdot (T_2 p + 1)^2 \cdot (T_3 p + 1)^2},$$

где  $\tau$  – постоянная времени полинома числителя передаточной функции шестого порядка.

Переходная характеристика системы шестого порядка с тремя корнями кратностью два характеристического уравнения с полиномом первой степени в числителе передаточной функции принимает вид:

$$\begin{aligned}
 h_{61}(t) = & \left[ -\frac{T_1^4 \cdot (T_1^2 - 3T_1T_2 - 3T_1T_3 + 5T_2T_3)}{(T_1 - T_2)^3(T_1 - T_3)^3} - \right. \\
 & \left. -\frac{2T_1^3 \cdot (T_1T_2 + T_1T_3 - 2T_2T_3) \cdot \tau}{(T_1 - T_2)^3(T_1 - T_3)^3} \right] \cdot e^{-\frac{t}{T_1}} - \frac{T_1^2 \cdot (T_1 - \tau)}{(T_1 - T_2)^2 \cdot (T_1 - T_3)^2} \cdot t \cdot e^{-\frac{t}{T_1}} + \\
 & + \left[ \frac{T_2^4 \cdot (T_2^2 - 3T_1T_2 + 5T_1T_3 - 3T_2T_3)}{(T_1 - T_2)^3(T_2 - T_3)^3} + \right. \\
 & \left. +\frac{2T_2^3 \cdot (T_1T_2 - 2T_1T_3 + T_2T_3) \cdot \tau}{(T_1 - T_2)^3(T_1 - T_3)^3} \right] \cdot e^{-\frac{t}{T_2}} - \frac{T_2^2 \cdot (T_2 - \tau)}{(T_1 - T_2)^2 \cdot (T_2 - T_3)^2} \cdot t \cdot e^{-\frac{t}{T_2}} + \\
 & + \left[ -\frac{T_3^4 \cdot (T_3^2 + 5T_1T_2 - 3T_1T_3 - 3T_2T_3)}{(T_1 - T_3)^3(T_1 - T_3)^3} - \right. \\
 & \left. -\frac{2T_3^3 \cdot (T_1T_3 - 2T_1T_2 + T_2T_3) \cdot \tau}{(T_1 - T_3)^3(T_2 - T_3)^3} \right] \cdot e^{-\frac{t}{T_3}} - \frac{T_3^2 \cdot (T_3 - \tau)}{(T_1 - T_3)^2 \cdot (T_2 - T_3)^2} \cdot t \cdot e^{-\frac{t}{T_3}} + 1.
 \end{aligned}$$

Для системы возможен один вариант, когда выполняются условия  $T_1 > T_2$ ,  $T_1 > T_3$ .

При этом, если  $\tau = T_1$ , то:

$$\begin{aligned}
 h_{61}(t) = & -\frac{T_1^4}{(T_1 - T_2)^2 \cdot (T_1 - T_3)^2} \cdot e^{-\frac{t}{T_1}} - \\
 & -\frac{T_2^3 \cdot (T_2^2 - 2T_1T_2 + 4T_1T_3 - 3T_2T_3)}{(T_1 - T_2)^2 \cdot (T_1 - T_3)^3} \cdot e^{-\frac{t}{T_2}} + \frac{T_2^2}{(T_1 - T_2) \cdot (T_2 - T_3)^2} \cdot t \cdot e^{-\frac{t}{T_2}} + \\
 & + \frac{T_3^3 \cdot (T_3^2 + 4T_1T_2 - 2T_1T_3 - 3T_2T_3)}{(T_1 - T_3)^2 \cdot (T_2 - T_3)^3} \cdot e^{-\frac{t}{T_3}} + \frac{T_3^2}{(T_1 - T_3) \cdot (T_2 - T_3)^2} \cdot e^{-\frac{t}{T_3}} + 1.
 \end{aligned}$$

Предположим  $T_1 = \frac{1}{3}T$ ,  $T_2 = \frac{1}{9}T$ , а  $T_3 = \frac{1}{18}T$ ,

при  $\tau = 0$ :

$$\begin{aligned}
 h_{61}(t) = & \frac{162}{125} \cdot e^{-3\frac{t}{T}} - \frac{243}{25} \cdot \frac{t}{T} \cdot e^{-3\frac{t}{T}} - 2 \cdot e^{-9\frac{t}{T}} - 9 \cdot \frac{t}{T} \cdot e^{-9\frac{t}{T}} - \\
 & - \frac{37}{125} \cdot e^{-18\frac{t}{T}} - \frac{18}{25} \cdot \frac{t}{T} \cdot e^{-18\frac{t}{T}} + 1,
 \end{aligned}$$

при  $\tau = T_1$ :

$$\begin{aligned}
 h_{61}(t) = & -\frac{81}{25} \cdot e^{-3\frac{t}{T}} + 1 \cdot e^{-9\frac{t}{T}} + 18 \cdot \frac{t}{T} \cdot e^{-9\frac{t}{T}} + \frac{31}{25} \cdot e^{-18\frac{t}{T}} + \\
 & + \frac{18}{5} \cdot \frac{t}{T} \cdot e^{-18\frac{t}{T}} + 1,
 \end{aligned}$$

при  $\tau = 2T_1$ :

$$\begin{aligned}
 h_{61}(t) = & -\frac{972}{125} \cdot e^{-3\frac{t}{T}} + \frac{243}{25} \cdot \frac{t}{T} \cdot e^{-3\frac{t}{T}} + 4 \cdot e^{-9\frac{t}{T}} + 45 \cdot \frac{t}{T} \cdot e^{-9\frac{t}{T}} + \\
 & + \frac{347}{125} \cdot e^{-18\frac{t}{T}} + \frac{198}{25} \cdot \frac{t}{T} \cdot e^{-18\frac{t}{T}} + 1.
 \end{aligned}$$

Полученные зависимости изображены на рисунке 1 в относительных единицах.

## Вывод

получены переходные характеристики систем шестого порядка с тремя корнями кратностью два характеристического уравнения как с полиномом нулевой степени, так и с полиномом первой степени в числителе передаточной функции. Переходная характеристика системы шестого порядка с тремя корнями кратности два характеристиче-

ского уравнения с полиномом первой степени в числителе передаточной функции не имеет перерегулирования, если постоянная времени числителя меньше или равна большей по величине постоянной времени знаменателя.

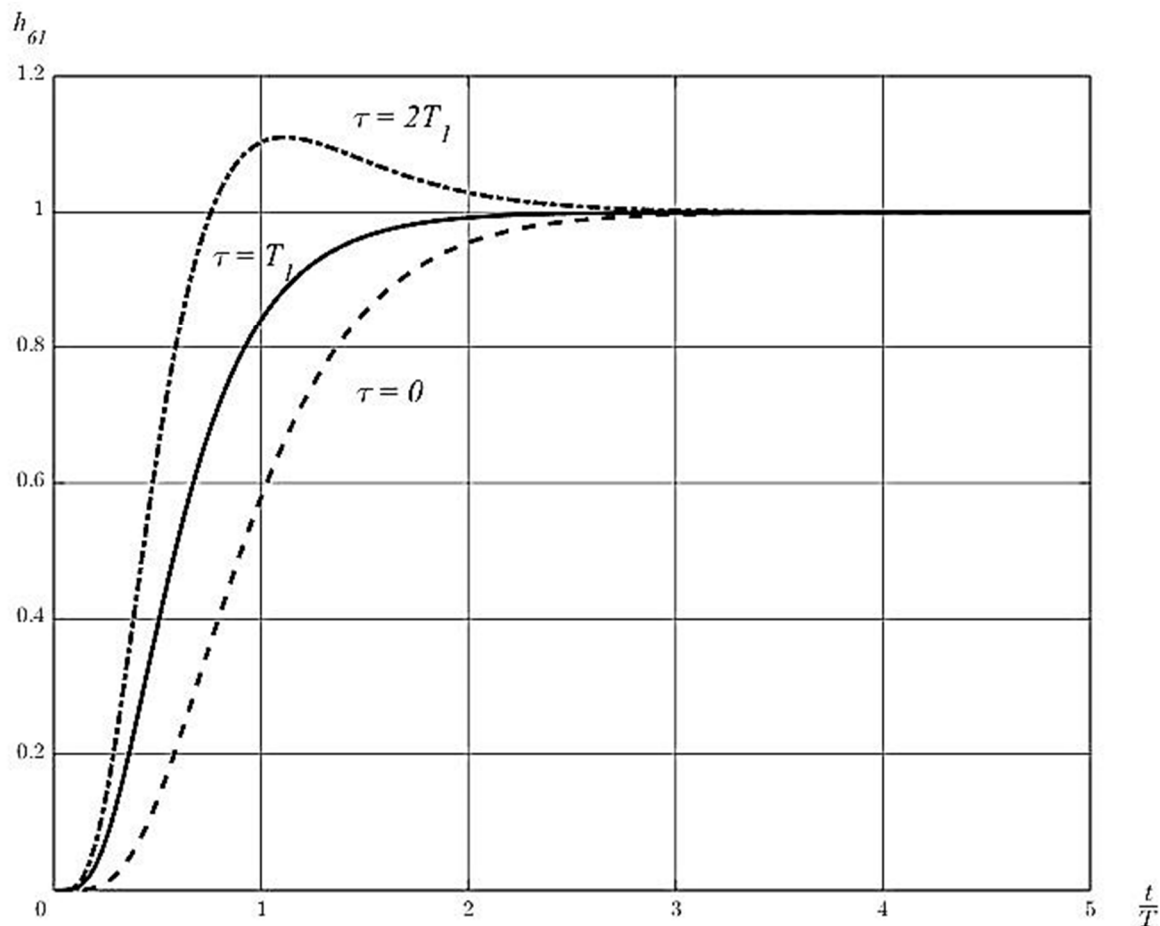


Рисунок 1 – Зависимость  $h_{61}$  от  $\frac{t}{T}$  при различных  $\tau$

### Литература

1. Дობробаба Ю.П., Мурлин А.Г., Серкин А.Д., Анализ переходных характеристик системы шестого порядка с кратными корнями характеристического уравнения // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2019. – № 1. – С. 430–437.
2. Дობробаба Ю.П., Мурлин А.Г., Печёнкин О.А., Анализ переходных характеристик системы шестого порядка с одним корнем кратностью пять и с одним корнем кратностью один характеристического уравнения // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2019. – № 3. – С. 234–239.
3. Дობробаба Ю.П., Мурлин А.Г., Печёнкин О.А., Анализ переходных характеристик системы шестого порядка с одним корнем кратностью четыре и с одним корнем кратностью два характеристического уравнения // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2019. – № 3. – С. 240–247.
4. Дობробаба Ю.П., Мурлин А.Г., Печёнкин О.А., Анализ переходных характеристик системы шестого порядка с одним корнем кратностью четыре и с двумя корнями кратностью один характеристического уравнения // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2019. – № 3. – С. 248–254.
5. Дობробаба Ю.П., Мурлин А.Г., Печёнкин О.А., Анализ переходных характеристик системы шестого порядка с двумя корнями кратностью три характеристического уравнения // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2019. – № 4. – С. 376–381.
6. Дობробаба Ю.П., Мурлин А.Г., Печёнкин О.А., Анализ переходных характеристик системы шестого порядка с одним корнем кратностью три, с одним корнем кратностью два и с одним корнем кратностью один характеристического уравнения // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2019. – № 4. – С. 382–390.

7. Добробаба Ю.П., Мурлин А.Г., Печёнкин О.А., Анализ переходных характеристик системы шестого порядка с одним корнем кратностью три и с тремя корнями кратностью один характеристического уравнения // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2019. – № 4. – С. 391–398.
8. Добробаба Ю.П., Мурлин А.Г., Печёнкин О.А., Анализ переходных характеристик системы шестого порядка с шестью корнями кратностью один характеристического уравнения // Булатовские чтения: материалы IV Международной научно-практической конференции (31 марта 2020 г.) в 7 томах : сборник статей / под общ. ред. д-ра техн. наук, проф. О.В. Савенок. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 6: Технические и технологические разработки. Электрооборудование в нефтегазовой отрасли. – С. 281–286.

### References

1. Dobrobaba Yu.P., Murlin A.G., Serkin A.D. Analysis of the sixth order system transient characteristics with multiple roots of the characteristic equation // Science. Technique. Tekhnologii (Polytechnical bulletin). – 2019. – № 1. – P. 430–437.
2. Dobrobaba Yu.P., Murlin A.G., Pechenkin O.A. Analysis of the transient characteristics of the sixth order system with one root multiple of five and with one root multiple of one characteristic equation // Nauka. Technique. Tekhnologii (Polytechnical bulletin). – 2019. – № 3. – P. 234–239.
3. Dobrobaba Yu.P., Murlin A.G., Pechenkin O.A. Analysis of the transient characteristics of the sixth order system with one root multiple of four and with one root multiple of two characteristic equations // Nauka. Technique. Tekhnologii (Polytechnical bulletin). – 2019. – № 3. – P. 240–247.
4. Dobrobaba Yu.P., Murlin A.G., Pechenkin O.A. Analysis of the transient characteristics of the sixth order system with one root multiple of four and with two roots multiple of one characteristic equation // Nauka. Technique. Tekhnologii (Polytechnical bulletin). – 2019. – № 3. – P. 248–254.
5. Dobrobaba Yu.P., Murlin A.G., Pechyonkin O.A. Analysis of the sixth order system transient characteristics with two roots of the three characteristic equation // Nauka. Technique. Tekhnologiya (Polytechnical bulletin). – 2019. – № 4. – P. 376–381.
6. Dobrobaba Yu.P., Murlin A.G., Pechyonkin O.A. Analysis of the transient characteristics of the sixth order system with one root multiple of three, with one root multiple of two and with one root multiple of one characteristic equation // Nauka. Technique. Technologies (Polytechnic Bulletin). – 2019. – № 4. – P. 382–390.
7. Dobrobaba Yu.P., Murlin A.G., Pechyonkin O.A. Analysis of the transient characteristics of the sixth order system with one root multiplicity of three and with three roots multiplicity of one characteristic equation // Nauka. Technique. Tekhnologii (Polytechnical bulletin). – 2019. – № 4. – P. 391–398.
8. Dobrobaba Yu.P., Murlin A.G., Pechyonkin O.A., Analysis of transient characteristics of the system of the sixth order with six roots of multiplicity of one characteristic equation // Bulatovskie readings: materials of the IV International scientific-practical conference (March 31, 2020) in 7 volumes : a collection of articles / under general editorship of Doctor of Technical Sciences, Prof. O.V. Savenok. – Krasnodar : Publishing House – South, 2020. – Vol. 6: Technical and technological developments. Electrical equipment in oil and gas industry. – P. 281–286.