



УДК 62

## АНАЛИЗ ПЕРЕХОДНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СИСТЕМЫ ШЕСТОГО ПОРЯДКА С ШЕСТЬЮ КОРНЯМИ КРАТНОСТЬЮ ОДИН ХАРАКТЕРИСТИЧЕСКОГО УРАВНЕНИЯ



### THE ANALYSIS OF TRANSIENT CHARACTERISTICS OF A SIXTH ORDER SYSTEM WITH SIX ONE-TIME 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 характеристического уравнения [2]; с одним корнем кратностью четыре и с одним корнем кратностью два характеристического уравнения [3]; с одним корнем кратностью четыре и с двумя корнями кратностью один характеристического уравнения [4]; с двумя корнями кратностью три характеристического уравнения [5]; с одним корнем кратностью три, с одним корнем кратностью два и одним корнем кратностью один характеристического уравнения [6]; с одним корнем кратностью три и с тремя корнями кратностью один характеристического уравнения [7]. В данной статье анализируются переходные характеристики системы шестого порядка с шестью корнями кратностью один характеристического уравнения.

Найдены переходные характеристики системы шестого порядка с шестью корнями кратностью один 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 of the characteristic equation [1]; with five-time solution and one-time solutions of the characteristic equation [2]; with four-time solution and double solution of the characteristic equation [3]; with four-time solution and two one-time solutions of the characteristic equation [4]; with two triple solutions of characteristic equation [5]; with triple solution, double solution and one-time solution of characteristic equation [6]; with triple solution and three one-time solutions of characteristic equation [7]. This article analyzes the transient characteristics of a sixth order system with six one-time solutions of the characteristic equation.

Transitional characteristics of sixth order systems with six one-time 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 шестью корнями кратностью один характеристического уравнения имеет вид:

$$W_{60}(p) = \frac{1}{(T_1p + 1) \cdot (T_2p + 1) \cdot (T_3p + 1) \cdot (T_4p + 1) \cdot (T_5p + 1) \cdot (T_6p + 1)}$$

где  $T_1, T_2, T_3, T_4, T_5$  и  $T_6$  – постоянные времени полинома знаменателя передаточной функции шестого порядка. При этом выполняются условия  $T_1 > T_2 > T_3 > T_4 > T_5 > T_6$ .



Корни характеристического уравнения системы шестого порядка с шестью корнями кратностью один характеристического уравнения:

$$p_1 = -\frac{1}{T_1}; p_2 = -\frac{1}{T_2}; p_3 = -\frac{1}{T_3}; p_4 = -\frac{1}{T_4}; p_5 = -\frac{1}{T_5}; p_6 = -\frac{1}{T_6}.$$

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

$$\begin{aligned} h_{60}(t) &= K_1 \cdot e^{-\frac{t}{T_1}} + K_2 \cdot e^{-\frac{t}{T_2}} + K_3 \cdot e^{-\frac{t}{T_3}} + K_4 \cdot e^{-\frac{t}{T_4}} + K_5 \cdot e^{-\frac{t}{T_5}} + K_6 \cdot e^{-\frac{t}{T_6}} + K_7; \\ h_{60}^{(1)}(t) &= -\frac{K_1}{T_1} \cdot e^{-\frac{t}{T_1}} - \frac{K_2}{T_2} \cdot e^{-\frac{t}{T_2}} - \frac{K_3}{T_3} \cdot e^{-\frac{t}{T_3}} - \frac{K_4}{T_4} \cdot e^{-\frac{t}{T_4}} - \frac{K_5}{T_5} \cdot e^{-\frac{t}{T_5}} - \frac{K_6}{T_6} \cdot e^{-\frac{t}{T_6}}; \\ h_{60}^{(2)}(t) &= \frac{K_1}{T_1^2} \cdot e^{-\frac{t}{T_1}} + \frac{K_2}{T_2^2} \cdot e^{-\frac{t}{T_2}} + \frac{K_3}{T_3^2} \cdot e^{-\frac{t}{T_3}} + \frac{K_4}{T_4^2} \cdot e^{-\frac{t}{T_4}} + \frac{K_5}{T_5^2} \cdot e^{-\frac{t}{T_5}} + \frac{K_6}{T_6^2} \cdot e^{-\frac{t}{T_6}}; \\ h_{60}^{(3)}(t) &= -\frac{K_1}{T_1^3} \cdot e^{-\frac{t}{T_1}} - \frac{K_2}{T_2^3} \cdot e^{-\frac{t}{T_2}} - \frac{K_3}{T_3^3} \cdot e^{-\frac{t}{T_3}} - \frac{K_4}{T_4^3} \cdot e^{-\frac{t}{T_4}} - \frac{K_5}{T_5^3} \cdot e^{-\frac{t}{T_5}} - \frac{K_6}{T_6^3} \cdot e^{-\frac{t}{T_6}}; \\ h_{60}^{(4)}(t) &= \frac{K_1}{T_1^4} \cdot e^{-\frac{t}{T_1}} + \frac{K_2}{T_2^4} \cdot e^{-\frac{t}{T_2}} + \frac{K_3}{T_3^4} \cdot e^{-\frac{t}{T_3}} + \frac{K_4}{T_4^4} \cdot e^{-\frac{t}{T_4}} + \frac{K_5}{T_5^4} \cdot e^{-\frac{t}{T_5}} + \frac{K_6}{T_6^4} \cdot e^{-\frac{t}{T_6}}; \\ h_{60}^{(5)}(t) &= -\frac{K_1}{T_1^5} \cdot e^{-\frac{t}{T_1}} - \frac{K_2}{T_2^5} \cdot e^{-\frac{t}{T_2}} - \frac{K_3}{T_3^5} \cdot e^{-\frac{t}{T_3}} - \frac{K_4}{T_4^5} \cdot e^{-\frac{t}{T_4}} - \frac{K_5}{T_5^5} \cdot e^{-\frac{t}{T_5}} - \frac{K_6}{T_6^5} \cdot e^{-\frac{t}{T_6}}. \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} h_{60}(0) &= 0; \\ h_{60}^{(1)}(0) &= 0; \\ h_{60}^{(2)}(0) &= 0; \\ h_{60}^{(3)}(0) &= 0; \\ h_{60}^{(4)}(0) &= 0; \\ h_{60}^{(5)}(0) &= 0; \\ h_{60}(\infty) &= 1, \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} h_{60}(0) &= K_1 + K_2 + K_3 + K_4 + K_5 + K_6 + K_7; \\ h_{60}^{(1)}(0) &= -\frac{K_1}{T_1} - \frac{K_2}{T_2} - \frac{K_3}{T_3} - \frac{K_4}{T_4} - \frac{K_5}{T_5} - \frac{K_6}{T_6}; \\ h_{60}^{(2)}(0) &= \frac{K_1}{T_1^2} + \frac{K_2}{T_2^2} + \frac{K_3}{T_3^2} + \frac{K_4}{T_4^2} + \frac{K_5}{T_5^2} + \frac{K_6}{T_6^2}; \\ h_{60}^{(3)}(0) &= -\frac{K_1}{T_1^3} - \frac{K_2}{T_2^3} - \frac{K_3}{T_3^3} - \frac{K_4}{T_4^3} - \frac{K_5}{T_5^3} - \frac{K_6}{T_6^3}; \\ h_{60}^{(4)}(0) &= \frac{K_1}{T_1^4} + \frac{K_2}{T_2^4} + \frac{K_3}{T_3^4} + \frac{K_4}{T_4^4} + \frac{K_5}{T_5^4} + \frac{K_6}{T_6^4}; \\ h_{60}^{(5)}(0) &= -\frac{K_1}{T_1^5} - \frac{K_2}{T_2^5} - \frac{K_3}{T_3^5} - \frac{K_4}{T_4^5} - \frac{K_5}{T_5^5} - \frac{K_6}{T_6^5}; \\ h_{60}(\infty) &= K_7, \end{aligned}$$

то справедлива зависимость:  $K_7 = 1$ .

При этом справедлива система уравнений:

$$\begin{aligned} K_1 + K_2 + K_3 + K_4 + K_5 + K_6 + 1 &= 0; & (1) \\ -\frac{K_1}{T_1} - \frac{K_2}{T_2} - \frac{K_3}{T_3} - \frac{K_4}{T_4} - \frac{K_5}{T_5} - \frac{K_6}{T_6} &= 0; & (2) \\ \frac{K_1}{T_1^2} + \frac{K_2}{T_2^2} + \frac{K_3}{T_3^2} + \frac{K_4}{T_4^2} + \frac{K_5}{T_5^2} + \frac{K_6}{T_6^2} &= 0; & (3) \\ -\frac{K_1}{T_1^3} - \frac{K_2}{T_2^3} - \frac{K_3}{T_3^3} - \frac{K_4}{T_4^3} - \frac{K_5}{T_5^3} - \frac{K_6}{T_6^3} &= 0; & (4) \\ \frac{K_1}{T_1^4} + \frac{K_2}{T_2^4} + \frac{K_3}{T_3^4} + \frac{K_4}{T_4^4} + \frac{K_5}{T_5^4} + \frac{K_6}{T_6^4} &= 0; & (5) \\ -\frac{K_1}{T_1^5} - \frac{K_2}{T_2^5} - \frac{K_3}{T_3^5} - \frac{K_4}{T_4^5} - \frac{K_5}{T_5^5} - \frac{K_6}{T_6^5} &= 0. & (6) \end{aligned}$$



Из уравнения (2) следует, что:

$$K_6 = -\frac{T_6}{T_1} \cdot K_1 - \frac{T_6}{T_2} \cdot K_2 - \frac{T_6}{T_3} \cdot K_3 - \frac{T_6}{T_4} \cdot K_4 - \frac{T_6}{T_5} \cdot K_5. \quad (7)$$

Из уравнений (3) и (7) следует, что:

$$K_5 = -\frac{T_5^2}{T_1^2} \cdot \frac{T_1-T_6}{T_5-T_6} \cdot K_1 - \frac{T_5^2}{T_2^2} \cdot \frac{T_2-T_6}{T_5-T_6} \cdot K_2 - \frac{T_5^2}{T_3^2} \cdot \frac{T_3-T_6}{T_5-T_6} \cdot K_3 - \frac{T_5^2}{T_4^2} \cdot \frac{T_4-T_6}{T_5-T_6} \cdot K_4, \quad (8)$$

тогда уравнение (7) примет вид:

$$K_6 = \frac{T_6^2}{T_1^2} \cdot \frac{T_1-T_5}{T_5-T_6} \cdot K_1 + \frac{T_6^2}{T_2^2} \cdot \frac{T_2-T_5}{T_5-T_6} \cdot K_2 + \frac{T_6^2}{T_3^2} \cdot \frac{T_3-T_5}{T_5-T_6} \cdot K_3 + \frac{T_6^2}{T_4^2} \cdot \frac{T_4-T_5}{T_5-T_6} \cdot K_4. \quad (9)$$

Из уравнений (4), (8) и (9) следует, что:

$$K_4 = -\frac{T_4^3}{T_1^3} \cdot \frac{(T_1-T_5)(T_1-T_6)}{(T_4-T_5)(T_4-T_6)} \cdot K_1 - \frac{T_4^3}{T_2^3} \cdot \frac{(T_2-T_5)(T_2-T_6)}{(T_4-T_5)(T_4-T_6)} \cdot K_2 - \frac{T_4^3}{T_3^3} \cdot \frac{(T_3-T_5)(T_3-T_6)}{(T_4-T_5)(T_4-T_6)} \cdot K_3, \quad (10)$$

тогда уравнения (8) и (9) примут вид:

$$K_5 = \frac{T_5^3}{T_1^3} \cdot \frac{(T_1-T_4)(T_1-T_6)}{(T_4-T_5)(T_5-T_6)} \cdot K_1 + \frac{T_5^3}{T_2^3} \cdot \frac{(T_2-T_4)(T_2-T_6)}{(T_4-T_5)(T_5-T_6)} \cdot K_2 + \frac{T_5^3}{T_3^3} \cdot \frac{(T_3-T_4)(T_3-T_6)}{(T_4-T_5)(T_5-T_6)} \cdot K_3; \quad (11)$$

$$K_6 = -\frac{T_6^3}{T_1^3} \cdot \frac{(T_1-T_4)(T_1-T_5)}{(T_4-T_6)(T_5-T_6)} \cdot K_1 - \frac{T_6^3}{T_2^3} \cdot \frac{(T_2-T_4)(T_2-T_5)}{(T_4-T_6)(T_5-T_6)} \cdot K_2 - \frac{T_6^3}{T_3^3} \cdot \frac{(T_3-T_4)(T_3-T_5)}{(T_4-T_6)(T_5-T_6)} \cdot K_3. \quad (12)$$

Из уравнений (5), (9), (10), и (11) следует, что:

$$K_3 = -\frac{T_3^4}{T_1^4} \cdot \frac{(T_1-T_4)(T_1-T_5)(T_1-T_6)}{(T_3-T_4)(T_3-T_5)(T_3-T_6)} \cdot K_1 - \frac{T_3^4}{T_2^4} \cdot \frac{(T_2-T_4)(T_2-T_5)(T_2-T_6)}{(T_3-T_4)(T_3-T_5)(T_3-T_6)} \cdot K_2, \quad (13)$$

тогда уравнения (10), (11) и (12) примут вид:

$$K_4 = \frac{T_4^4}{T_1^4} \cdot \frac{(T_1-T_3)(T_1-T_5)(T_1-T_6)}{(T_3-T_4)(T_4-T_5)(T_4-T_6)} \cdot K_1 + \frac{T_4^4}{T_2^4} \cdot \frac{(T_2-T_3)(T_2-T_5)(T_2-T_6)}{(T_3-T_4)(T_4-T_5)(T_4-T_6)} \cdot K_2, \quad (14)$$

$$K_5 = -\frac{T_5^4}{T_1^4} \cdot \frac{(T_1-T_3)(T_1-T_4)(T_1-T_6)}{(T_3-T_5)(T_4-T_5)(T_5-T_6)} \cdot K_1 - \frac{T_5^4}{T_2^4} \cdot \frac{(T_2-T_3)(T_2-T_4)(T_2-T_6)}{(T_3-T_5)(T_4-T_5)(T_5-T_6)} \cdot K_2, \quad (15)$$

$$K_6 = \frac{T_6^4}{T_1^4} \cdot \frac{(T_1-T_3)(T_1-T_4)(T_1-T_5)}{(T_3-T_6)(T_4-T_5)(T_5-T_6)} \cdot K_1 + \frac{T_6^4}{T_2^4} \cdot \frac{(T_2-T_3)(T_2-T_4)(T_2-T_5)}{(T_3-T_6)(T_4-T_5)(T_5-T_6)} \cdot K_2. \quad (16)$$

Из уравнений (6), (13), (14), (15) и (16) следует, что:

$$K_2 = -\frac{T_2^5}{T_1^5} \cdot \frac{(T_1-T_3)(T_1-T_4)(T_1-T_5)(T_1-T_6)}{(T_2-T_3)(T_2-T_4)(T_2-T_5)(T_2-T_6)} \cdot K_1, \quad (17)$$

тогда уравнения (13), (14), (15) и (16) примут вид:

$$K_3 = \frac{T_3^5}{T_1^5} \cdot \frac{(T_1-T_2)(T_1-T_4)(T_1-T_5)(T_1-T_6)}{(T_2-T_3)(T_3-T_4)(T_3-T_5)(T_3-T_6)} \cdot K_1; \quad (18)$$

$$K_4 = -\frac{T_4^5}{T_1^5} \cdot \frac{(T_1-T_2)(T_1-T_3)(T_1-T_5)(T_1-T_6)}{(T_2-T_4)(T_3-T_4)(T_4-T_5)(T_4-T_6)} \cdot K_1; \quad (19)$$

$$K_5 = \frac{T_5^5}{T_1^5} \cdot \frac{(T_1-T_2)(T_1-T_3)(T_1-T_4)(T_1-T_6)}{(T_2-T_5)(T_3-T_4)(T_4-T_5)(T_5-T_6)} \cdot K_1; \quad (20)$$

$$K_6 = -\frac{T_6^5}{T_1^5} \cdot \frac{(T_1-T_2)(T_1-T_3)(T_1-T_4)(T_1-T_5)}{(T_2-T_6)(T_3-T_6)(T_4-T_6)(T_5-T_6)} \cdot K_1. \quad (21)$$

Из уравнений (1), (17), (18), (19), (20) и (21) следует, что:

$$K_1 = -\frac{T_1^5}{(T_1-T_2)(T_1-T_3)(T_1-T_4)(T_1-T_5)(T_1-T_6)}, \quad (22)$$

тогда уравнения (17), (18), (19), (20) и (21) примут вид:

$$K_2 = \frac{T_2^5}{(T_1-T_2)(T_2-T_3)(T_2-T_4)(T_2-T_5)(T_2-T_6)}; \quad (23)$$

$$K_3 = -\frac{T_3^5}{(T_1-T_3)(T_2-T_3)(T_3-T_4)(T_3-T_5)(T_3-T_6)}; \quad (24)$$

$$K_4 = \frac{T_4^5}{(T_1-T_4)(T_2-T_4)(T_3-T_4)(T_4-T_5)(T_4-T_6)}; \quad (25)$$

$$K_5 = -\frac{T_5^5}{(T_1-T_5)(T_2-T_5)(T_3-T_5)(T_4-T_5)(T_5-T_6)}; \quad (26)$$



$$K_6 = \frac{T_6^5}{(T_1 - T_6) \cdot (T_2 - T_6) \cdot (T_3 - T_6) \cdot (T_4 - T_6) \cdot (T_5 - T_6)}. \quad (27)$$

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

$$\begin{aligned} h_{60}(t) = & -\frac{T_1^5}{(T_1 - T_2) \cdot (T_1 - T_3) \cdot (T_1 - T_4) \cdot (T_1 - T_5) \cdot (T_1 - T_6)} \cdot e^{-\frac{t}{T_1}} + \\ & + \frac{T_2^5}{(T_1 - T_2) \cdot (T_2 - T_3) \cdot (T_2 - T_4) \cdot (T_2 - T_5) \cdot (T_2 - T_6)} \cdot e^{-\frac{t}{T_2}} - \\ & - \frac{T_3^5}{(T_1 - T_3) \cdot (T_2 - T_3) \cdot (T_3 - T_4) \cdot (T_3 - T_5) \cdot (T_3 - T_6)} \cdot e^{-\frac{t}{T_3}} + \\ & + \frac{T_4^5}{(T_1 - T_4) \cdot (T_2 - T_4) \cdot (T_3 - T_4) \cdot (T_4 - T_5) \cdot (T_4 - T_6)} \cdot e^{-\frac{t}{T_4}} - \\ & - \frac{T_5^5}{(T_1 - T_5) \cdot (T_2 - T_5) \cdot (T_3 - T_5) \cdot (T_4 - T_5) \cdot (T_5 - T_6)} \cdot e^{-\frac{t}{T_5}} + \\ & + \frac{T_6^5}{(T_1 - T_6) \cdot (T_2 - T_6) \cdot (T_3 - T_6) \cdot (T_4 - T_6) \cdot (T_5 - T_6)} \cdot e^{-\frac{t}{T_6}} + 1; \\ h_{60}^{(1)}(t) = & \frac{T_1^4}{(T_1 - T_2) \cdot (T_1 - T_3) \cdot (T_1 - T_4) \cdot (T_1 - T_5) \cdot (T_1 - T_6)} \cdot e^{-\frac{t}{T_1}} - \\ & - \frac{T_2^4}{(T_1 - T_2) \cdot (T_2 - T_3) \cdot (T_2 - T_4) \cdot (T_2 - T_5) \cdot (T_2 - T_6)} \cdot e^{-\frac{t}{T_2}} + \\ & + \frac{T_3^4}{(T_1 - T_3) \cdot (T_2 - T_3) \cdot (T_3 - T_4) \cdot (T_3 - T_5) \cdot (T_3 - T_6)} \cdot e^{-\frac{t}{T_3}} - \\ & - \frac{T_4^4}{(T_1 - T_4) \cdot (T_2 - T_4) \cdot (T_3 - T_4) \cdot (T_4 - T_5) \cdot (T_4 - T_6)} \cdot e^{-\frac{t}{T_4}} + \\ & + \frac{T_5^4}{(T_1 - T_5) \cdot (T_2 - T_5) \cdot (T_3 - T_5) \cdot (T_4 - T_5) \cdot (T_5 - T_6)} \cdot e^{-\frac{t}{T_5}} - \\ & - \frac{T_6^4}{(T_1 - T_6) \cdot (T_2 - T_6) \cdot (T_3 - T_6) \cdot (T_4 - T_6) \cdot (T_5 - T_6)} \cdot e^{-\frac{t}{T_6}}. \end{aligned}$$

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

$$W_{61}(p) = \frac{\tau p + 1}{(T_1 p + 1) \cdot (T_2 p + 1) \cdot (T_3 p + 1) \cdot (T_4 p + 1) \cdot (T_5 p + 1) \cdot (T_6 p + 1)},$$

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

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

$$\begin{aligned} h_{61}(t) = & -\frac{T_1^4(T_1 - \tau)}{(T_1 - T_2) \cdot (T_1 - T_3) \cdot (T_1 - T_4) \cdot (T_1 - T_5) \cdot (T_1 - T_6)} \cdot e^{-\frac{t}{T_1}} + \\ & + \frac{T_2^4(T_2 - \tau)}{(T_1 - T_2) \cdot (T_2 - T_3) \cdot (T_2 - T_4) \cdot (T_2 - T_5) \cdot (T_2 - T_6)} \cdot e^{-\frac{t}{T_2}} - \\ & - \frac{T_3^4(T_3 - \tau)}{(T_1 - T_3) \cdot (T_2 - T_3) \cdot (T_3 - T_4) \cdot (T_3 - T_5) \cdot (T_3 - T_6)} \cdot e^{-\frac{t}{T_3}} + \\ & + \frac{T_4^4(T_4 - \tau)}{(T_1 - T_4) \cdot (T_2 - T_4) \cdot (T_3 - T_4) \cdot (T_4 - T_5) \cdot (T_4 - T_6)} \cdot e^{-\frac{t}{T_4}} - \\ & - \frac{T_5^4(T_5 - \tau)}{(T_1 - T_5) \cdot (T_2 - T_5) \cdot (T_3 - T_5) \cdot (T_4 - T_5) \cdot (T_5 - T_6)} \cdot e^{-\frac{t}{T_5}} + \\ & + \frac{T_6^4(T_6 - \tau)}{(T_1 - T_6) \cdot (T_2 - T_6) \cdot (T_3 - T_6) \cdot (T_4 - T_6) \cdot (T_5 - T_6)} \cdot e^{-\frac{t}{T_6}} + 1. \end{aligned}$$

При этом, если  $\tau = T_1$ , то:

$$\begin{aligned} h_{61}(t) = & -\frac{T_2^4}{(T_2 - T_3) \cdot (T_2 - T_4) \cdot (T_2 - T_5) \cdot (T_2 - T_6)} \cdot e^{-\frac{t}{T_2}} + \\ & + \frac{T_3^4}{(T_2 - T_3) \cdot (T_3 - T_4) \cdot (T_3 - T_5) \cdot (T_3 - T_6)} \cdot e^{-\frac{t}{T_3}} - \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 & - \frac{T_4^4}{(T_2 - T_4) \cdot (T_3 - T_4) \cdot (T_4 - T_5) \cdot (T_4 - T_6)} \cdot e^{-\frac{t}{T_4}} + \\
 & + \frac{T_5^4}{(T_2 - T_5) \cdot (T_3 - T_5) \cdot (T_4 - T_5) \cdot (T_5 - T_6)} \cdot e^{-\frac{t}{T_5}} - \\
 & - \frac{T_6^4}{(T_2 - T_6) \cdot (T_3 - T_6) \cdot (T_4 - T_6) \cdot (T_5 - T_6)} \cdot e^{-\frac{t}{T_6}} + 1.
 \end{aligned}$$

Предположим:  $T_1 = 0,25T, T_2 = 0,2T, T_3 = 0,175T, T_4 = 0,15T, T_5 = 0,125T, T_6 = 0,1T$ .

Если  $\tau = 0$ , то:

$$\begin{aligned}
 h_{61}(t) = & - \frac{1250}{9} \cdot e^{-4\frac{t}{T}} + \frac{2048}{3} \cdot e^{-5\frac{t}{T}} - \frac{16807}{18} \cdot e^{-\frac{40}{7}\frac{t}{T}} + 486 \cdot e^{-\frac{20}{3}\frac{t}{T}} - \\
 & - \frac{625}{6} \cdot e^{-8\frac{t}{T}} + \frac{64}{9} \cdot e^{-10\frac{t}{T}} + 1.
 \end{aligned}$$

Если  $\tau = T_1$ , то:

$$\begin{aligned}
 h_{61}(t) = & - \frac{512}{3} \cdot e^{-5\frac{t}{T}} + \frac{2401}{6} \cdot e^{-\frac{40}{7}\frac{t}{T}} - 324 \cdot e^{-\frac{20}{3}\frac{t}{T}} + \frac{625}{6} \cdot e^{-8\frac{t}{T}} - \\
 & - \frac{32}{3} \cdot e^{-10\frac{t}{T}} + 1.
 \end{aligned}$$

Если  $\tau = 2T_1$ , то:

$$\begin{aligned}
 h_{61}(t) = & \frac{1250}{9} \cdot e^{-4\frac{t}{T}} - 1024 \cdot e^{-5\frac{t}{T}} + \frac{31213}{18} \cdot e^{-\frac{40}{7}\frac{t}{T}} - 1134 \cdot e^{-\frac{20}{3}\frac{t}{T}} + \\
 & + \frac{625}{2} \cdot e^{-8\frac{t}{T}} - \frac{256}{9} \cdot e^{-10\frac{t}{T}} + 1.
 \end{aligned}$$

Полученные зависимости изображены на рисунке 1 в относительных единицах.

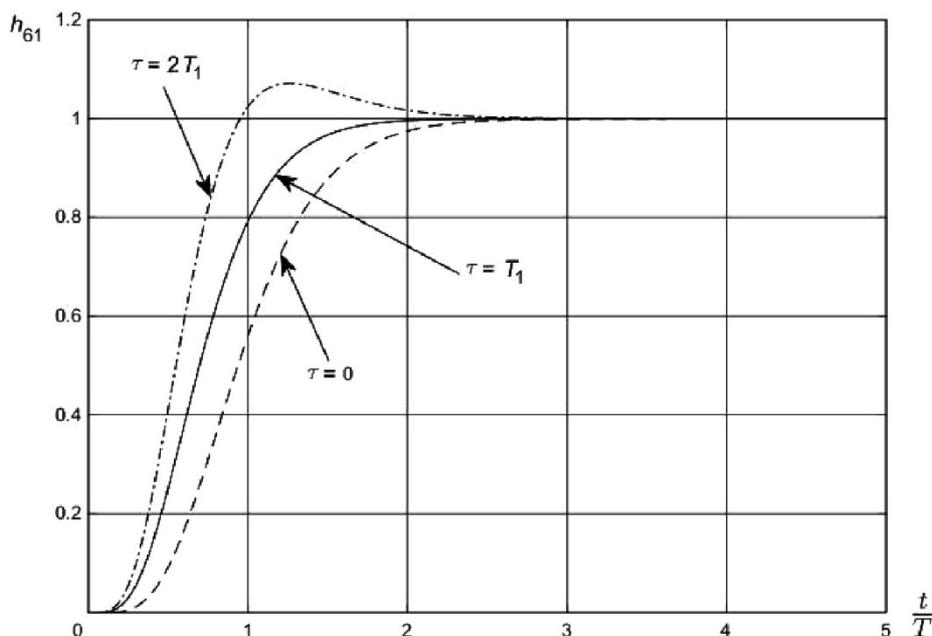


Рисунок 1 – Зависимость  $h_{61}$  от  $\frac{t}{T}$  при различных  $\tau$

Вывод: получены переходные характеристики систем шестого порядка с шестью корнями кратностью один характеристического уравнения как с полиномом нулевой степени, так и с полиномом первой степени в числителе передаточной функции. Переходная характеристика системы шестого порядка с шестью корнями кратностью один характеристического 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.

### Литература

1. Добробаба Ю.П., Мурлин А.Г., Серкин А.Д., Анализ переходных характеристик системы шестого порядка с кратными корнями характеристического уравнения // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2019. – № 1. – С. 430–437.



2. Добробаба 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). – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2019. – № 3 – С. 234–239.
3. Добробаба 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). – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2019. – № 3. – С. 240–247.
4. Добробаба 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). – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2019. – № 3. – С. 248–254.
5. Добробаба 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). – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2019. – № 4. – С. 376–381.
6. Добробаба 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). – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 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). – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2019. – № 4. – С. 391–398.

## References

1. Dobrobaba Yu.P., Murlin A.G., Serkin A.D., The analysis of transitional features of the system of the sixth order with multiple roots of the characteristic equation // Science. Engineering. Technology (polytechnical bulletin). – Krasnodar : Publishing House – South, 2019. – № 1. – P. 430–437.
2. Dobrobaba Yu.P., Murlin A.G., Pechonkin O.A., The analysis of transient characteristics of a sixth order system with five-time solution and one-time solution of the characteristic equation // Science. Engineering. Technology (polytechnical bulletin). – Krasnodar : Publishing House – South, 2019. – № 3. – P. 234–240.
3. Dobrobaba Yu.P., Murlin A.G., Pechonkin O.A., The analysis of transient characteristics of a sixth order system with four-time solution and double solution of the characteristic equation // Science. Engineering. Technology (polytechnical bulletin). – Krasnodar : Publishing House – South, 2019. – № 3. – P. 241–247.
4. Dobrobaba Yu.P., Murlin A.G., Pechonkin O.A., The analysis of transient characteristics of a sixth order system with four-time solution and two one-time solutions of the characteristic equation // Science. Engineering. Technology (polytechnical bulletin). – Krasnodar : Publishing House – South, 2019. – № 3. – P. 248–254.
5. Dobrobaba Yu.P., Murlin A.G., Pechonkin O.A., The analysis of transient characteristics of a sixth order system with two triple solutions of the characteristic equation // Science. Engineering. Technology (polytechnical bulletin). – Krasnodar : Publishing House – South, 2019. – № 4. – P. 376–381.
6. Dobrobaba Yu.P., Murlin A.G., Pechonkin O.A., The analysis of transient characteristics of a sixth order system with triple solution, double solution and one-time solution of the characteristic equation // Science. Engineering. Technology (polytechnical bulletin). – Krasnodar : Publishing House – South, 2019. – № 4. – P. 382–390.
7. Dobrobaba Yu.P., Murlin A.G., Pechonkin O.A., The analysis of transient characteristics of a sixth order system with triple solution and three one-time solutions of the characteristic equation // Science. Engineering. Technology (polytechnical bulletin). – Krasnodar : Publishing House – South, 2019. – № 4. – P. 391–398.