

УДК 62.83.52:62.503.56

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЛАСТЕЙ СУЩЕСТВОВАНИЯ ДЕВЯТИ ВИДОВ ПЕРЕХОДНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ДВУХМАССОВОЙ УПРУГОЙ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

### DETERMINATION OF THE AREAS FOR THE EXISTENCE OF THE NINE TYPES OF TRANSITION CHARACTERISTICS OF A TWO MASS ELASTROUS ELECTROMECHANICAL SYSTEM

#### Добробаба Юрий Петрович

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

#### Ульрих Ренат Викторович

студент,  
Кубанский государственный  
технологический университет

**Аннотация.** Построены области существования для девяти видов переходных характеристик двухмассовой упругой электромеханической энергии.

Показано, что апериодические переходные характеристики возможны если значение момента инерции исполнительного органа механизма равен или больше четырех значений момента инерции исполнительного органа электродвигателя.

**Ключевые слова:** двухмассовая упругая электромеханическая система, области существования видов переходных характеристик.

#### Dobrobaba Yury Petrovich

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

#### Ulrikh Renat Viktorovich

Student,  
Kuban state technological university

**Annotation.** The areas of existence for nine types of transition characteristics of two-mass elastic electromechanical energy are constructed.

It is shown that aperiodic transient characteristics are possible if the value of the moment of inertia of the actuator of the mechanism is equal to or greater than four values of the moment of inertia of the actuator of the electric motor.

**Keywords:** two-mass elastic electromechanical system, areas of existence of types of transient characteristics.

В статье [1] показано, что для двухмассовой упругой электромеханической системы возможны девять видов переходных характеристик.

В статье [2] разработаны алгоритмы для определения областей с разными раскладами корней характеристического уравнения двухмассовой упругой электромеханической системы.

В данной работе предлагается по полученным в работе алгоритмам [2] провести численный эксперимент по определению областей девяти видов переходных характеристик двухмассовой упругой электромеханической системы

Для этого необходимо построить зависимости индуктивности якорной цепи электродвигателя  $L_{\text{я}}$  от жесткости валопровода  $C_{\text{в}}$  для трех значений момента инерции исполнительного органа механизма  $J_2$ . При этом момент инерции исполнительного органа электродвигателя  $J_1$  имеет постоянное значение.

В работе исследуется электропривод, имеющий следующие значения параметров:

– коэффициент пропорциональности между угловой скоростью исполнительного органа электродвигателя и его ЭДС  $C_e = 1,25 \frac{\text{В} \cdot \text{с}}{\text{рад}}$ ;

– коэффициент пропорциональности между током якорной цепи электродвигателя и его моментом  $C_M = 1,25 \text{ В} \cdot \text{с}$ ;

– сопротивление якорной цепи электродвигателя  $R_{\text{я}} = 5 \text{ Ом}$ ;

– момент инерции исполнительного органа электродвигателя  $J_1 = 0,025 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ .

В таблице 1 приведены результаты численного эксперимента для двухмассовой упругой электромеханической системы с моментом инерции исполнительного органа механизма  $J_2 = 0,025 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$  (зависимость, соответствующая переходной характеристике седьмого вида).

Таблица 1

$T_1, c$	$L_{я}, ГН$	$C_y, \frac{Н \cdot м}{рад}$	$T, c$	$\xi$
0,04	0,1	0		
0,0425	0,103033549	0,446929367	0,051053073	0,734529731
0,045	0,105909934	0,826502496	0,159097639	0,219990693
0,05	0,111359635	1,454972317	0,11066149	0,271097018
0,06	0,122548095	2,541843446	0,073190983	0,273257704
0,07	0,13899919	4,198345869	0,0519875	0,192353931
0,08	0,2	$\infty$		

Точка, соответствующая переходной характеристике девятого вида, имеет параметры  $L_{я} = 0,2 ГН$ ;  $C_y = 1,953125 \frac{Н \cdot м}{рад}$ ;  $T = 0,08 c$ ;  $\xi = 0,5$ .

На рисунке 1 представлены:

- область, соответствующая переходной характеристике шестого вида;
- область, соответствующая переходной характеристике восьмого вида;
- зависимость, соответствующая переходной характеристике седьмого вида;
- точка, соответствующая переходной характеристике девятого вида.

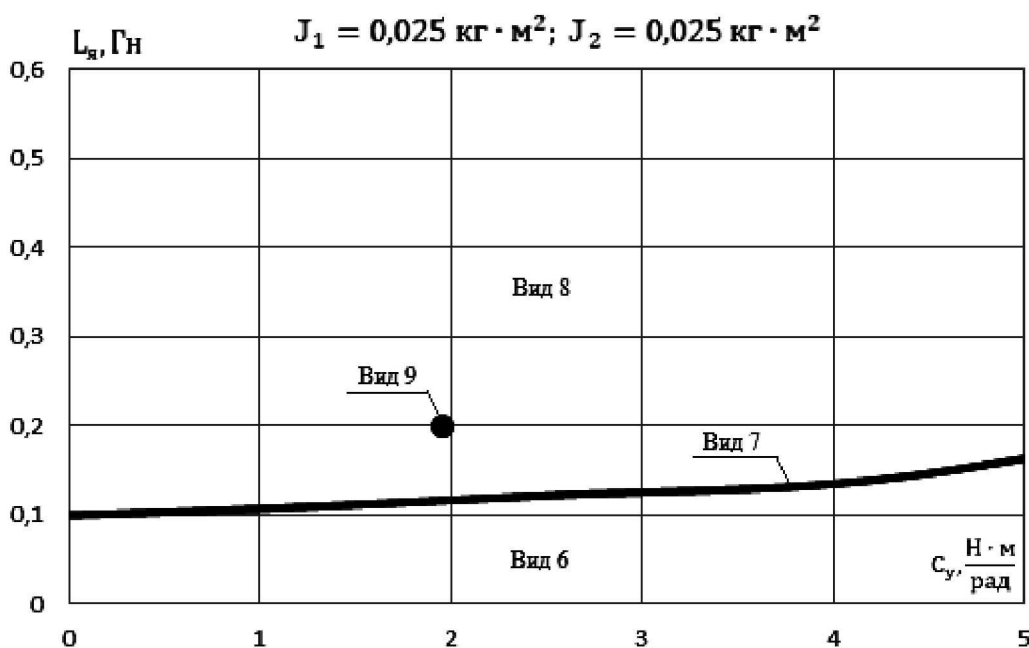


Рисунок 1

В таблице 2 приведены результаты численного эксперимента для двухмассовой упругой электромеханической системы с моментом инерции исполнительного органа механизма  $J_2 = 0,1 кг \cdot м^2$  (зависимость, соответствующая переходной характеристике седьмого вида).

Таблица 2

$T_1, c$	$L_{я}, ГН$	$C_y, \frac{Н \cdot м}{рад}$	$T, c$	$\xi$
1	2	3	4	5
0,04	0,1	$\infty$		
0,0425	0,105731476	0,766733967	0,330086127	0,469574415
0,05	0,110496824	1,23760431	0,239041868	0,627505137

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5
0,06	0,117522729	1,71837409	0,17434553	0,803003094
0,08	0,12404082	1,978103874	0,125206737	0,958414882
0,1	0,125	2	0,1	1
0,12	0,126061231	2,01318017	0,083411935	0,959095362
0,14	0,134219701	2,096990262	0,072283951	0,830059774
0,16	0,16	2,34375	0,065319729	0,612372412
0,18	0,225	3,086419753	0,06	0,333
0,19	0,2917023	4,2757883	0,054988037	0,181857738
0,2	0,5	$\infty$		

Точка, соответствующая переходной характеристике пятого вида, имеет параметры  $L_{я} = 0,125$  Гн;  $C_{y} = 2 \frac{Н \cdot м}{рад}$ ;  $T = 0,1$  с.

На рисунке 2 представлены:

- область, соответствующая переходной характеристике шестого вида;
- область, соответствующая переходной характеристике восьмого вида;
- зависимость, соответствующая переходной характеристике седьмого вида;
- точка, соответствующая переходной характеристике пятого вида.

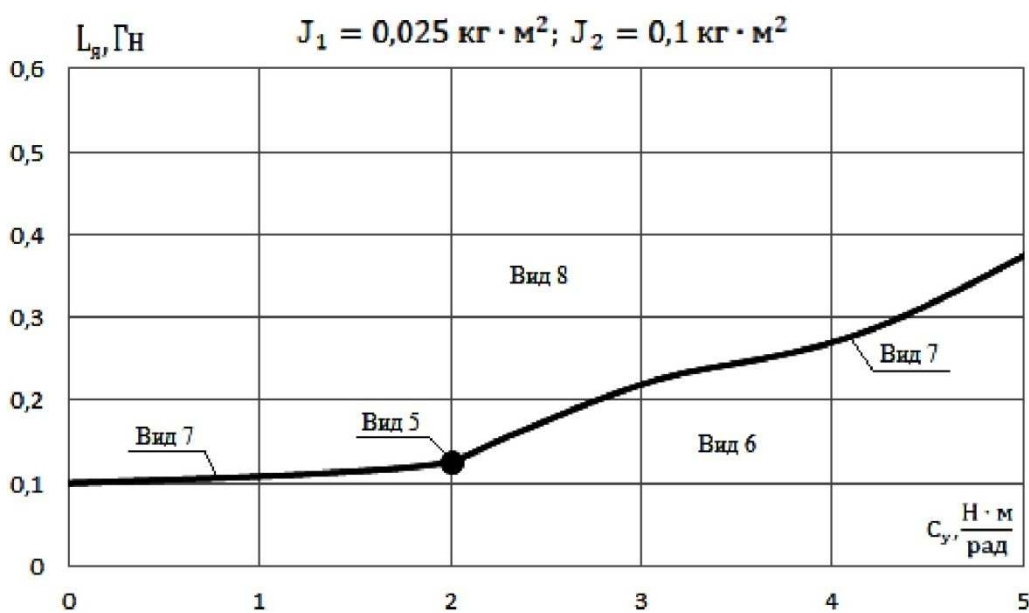


Рисунок 2

В таблице 3 приведены результаты численного эксперимента для двухмассовой упругой электромеханической системы с моментом инерции исполнительного органа механизма  $J_2 = 0,2$  кг · м<sup>2</sup> (зависимость, соответствующая переходной характеристике второго вида).

Таблица 3

$T_1, с$	$L_{я}, Гн$	$C_{y}, \frac{Н \cdot м}{рад}$	$T_2, с$	$T_3, с$
1	2	3	4	5
0,0527208	0,1125	1,371742092		
0,06	0,116886117	1,635253488	0,462675145	0,137324855
0,076076952	0,120577137	1,781945249	0,491769144	0,076076952

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5
0,1	0,11384016	1,675813431	0,474154126	0,045845874
0,12	0,1	1,543209877	0,447846096	0,032153904
0,14	0,081290469	1,424381298	0,417692521	0,022307479
0,16	0,060039528	1,327970604	0,385333658	0,014666342
0,18	0,038603897	1,254065247	0,351346736	0,008653264
0,2	0,019493854	1,201265363	0,315890281	0,004109719
0,22	0,005519945	1,168788362	0,278880344	0,001119656
0,24	0	1,157407407	0,24	0
0,26	0,007095528	1,170513385	0,198554796	0,001445204
0,28	0,032432926	1,21641231	0,152881582	0,007118418
0,30727922	0,1125	1,371742112	0,05272078	0,05272078

В таблице 4 приведены результаты численного эксперимента для двухмассовой упругой электромеханической системы с моментом инерции исполнительного органа механизма  $J_2 = 0,2 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$  (зависимость, соответствующая переходной характеристики седьмого вида).

Таблица 4

$T_1, \text{с}$	$L_{я}, \text{Гн}$	$C_y, \frac{\text{Н} \cdot \text{м}}{\text{рад}}$	$T, \text{с}$	$\xi$
0,04	0,1	0		
0,045	0,125703386	0,757695129	0,469526032	0,670889319
0,05	0,110369327	1,208210382	0,341946293	0,906575115
0,05272078	0,1125	1,371742112	0,307279218	1
0,31	0,124567607	1,397323794	0,054483787	0,917704197
0,32	0,177777778	1,519097222	0,060474315	0,661437835
0,33	0,248817834	1,710199278	0,065385043	0,458820528
0,34	0,346521211	2,049577809	0,068411447	0,292348735
0,35	0,492595821	2,854095328	0,067145678	0,148929913
0,36	0,9	$\infty$		

Точки, соответствующие переходной характеристики третьего вида, имеют параметры:

$$L_{я} = 0 \text{ Гн}; C_y = 1,157407407 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}}{\text{рад}}; T_1 = 0,24 \text{ с}; T_2 = 0 \text{ с}.$$

$$L_{я} = 0,120577137 \text{ Гн}; C_y = 1,781945249 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}}{\text{рад}}; T_1 = 0,076076952 \text{ с}; T_2 = 0,491769144 \text{ с}.$$

Точка, соответствующая переходной характеристики четвертого вида, имеет параметры:  $L_{я} = 0,1125 \text{ Гн}; C_y = 1,371742112 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}}{\text{рад}}; T_1 = 0,30727922 \text{ с}; T_2 = 0,05272078 \text{ с}.$

На рисунке 3 представлены:

- область, соответствующая переходной характеристики первого вида;
- область, соответствующая переходной характеристики шестого вида;
- область, соответствующая переходной характеристики восьмого вида;
- зависимость, соответствующая переходной характеристики второго вида;
- зависимость, соответствующая переходной характеристики седьмого вида;
- точки, соответствующие переходной характеристики третьего вида;
- точка, соответствующая переходной характеристики четвертого вида.

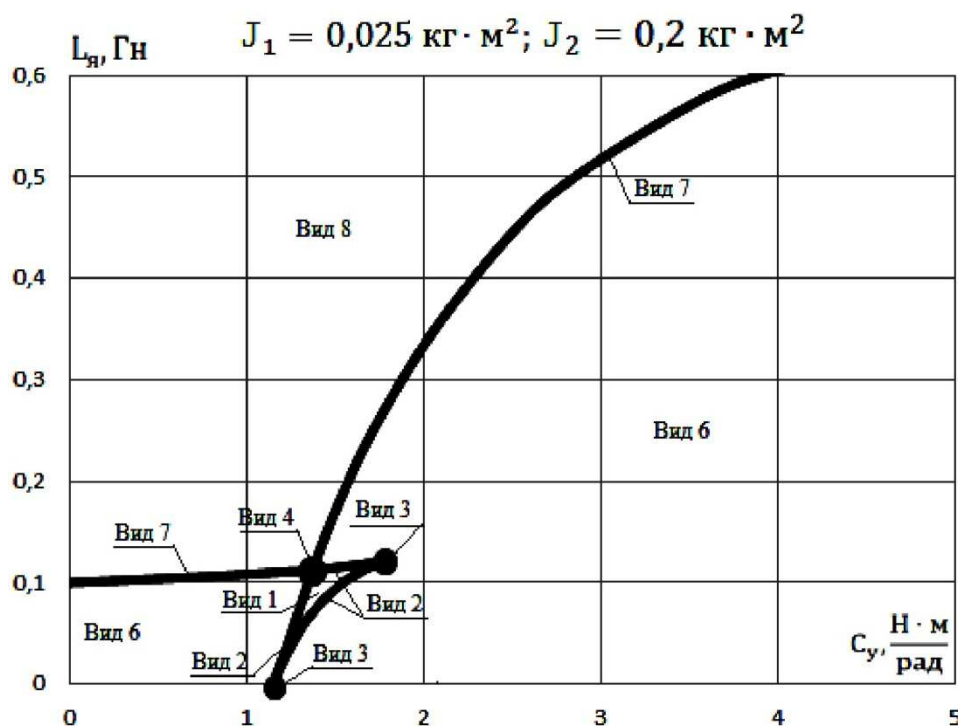


Рисунок 3

### Выводы

Построены зависимости индуктивности якорной цепи электродвигателя  $L_{я}$  от жесткости валопровода  $C_y$  для трех соотношений значений моментов инерции исполнительных органов электродвигателя и механизма.

Если выполняется условие  $J_2 < 4J_1$ , то характеристическое уравнение двухмассовой упругой электромеханической системы имеет: либо одну пару комплексных корней (шестой вид переходной характеристики); либо две пары комплексных корней (восьмой вид переходной характеристики).

Если выполняется условие  $J_2 = 4J_1$ , то характеристическое уравнение двухмассовой упругой электромеханической системы при  $L_{я} = 0,3125 \cdot \frac{R_{я}^2 J_1}{C_e C_M}$  и  $C_y = 0,512 \cdot \frac{C_e^2 C_M^2}{R_{я}^2 J_1}$  имеет четыре отрицательных равных корня (пятый вид переходной характеристики).

Если выполняется условие  $J_2 > 4J_1$ , то имеется область, в которой характеристическое уравнение двухмассовой упругой электромеханической системы имеет действительные отрицательные корни (первый, второй и третий виды переходной характеристики).

### Литература:

1. Добробаба Ю.П., Ульрих Р.В. Исследование переходных характеристик двухмассовой упругой электромеханической системы / Научные труды КубГТУ. – Краснодар, 2018. – <https://ntk.kubstu.ru/tocs/60>
2. Добробаба Ю.П. Анализ характеристического уравнения двухмассовой упругой электромеханической системы/ Ю.П. Добробаба, Р.В. Ульрих // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – Краснодар : Издательский дом – Юг, 2018. – № 4. – С. 342–348.

### References:

1. Dobrobaba Yu.P., Ulrich R.V. Issledovaniye of transitional characteristics of a two-mass elastic electromechanical system / Scientific works of KubGTU. – Krasnodar, 2018. – <https://ntk.kubstu.ru/tocs/60>
2. Dobrobaba Yu.P. Analysis of the characteristic equation of a two-mass elastic electromechanical system / Yu.P. Dobrobab, R.W. Ulrich // Science. Engineering. Technology (polytechnical bulletin). – Krasnodar : Publishing house – the South, 2018. – № 4. – P. 342–348.