

УДК 62.83.52:62.503.56

UDC 62.83.52:62.503.56

РАЗРАБОТКА ОПТИМАЛЬНОЙ ПО БЫСТРОДЕЙСТВИЮ ДИАГРАММЫ ДЛЯ НЕБОЛЬШИХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ ИСПОЛНИТЕЛЬНОГО ОРГАНА ЭЛЕКТРОПРИВОДА ПЕРЕМЕННОГО ТОКА С УПРУГИМ ВАЛОПРОВОДОМ

DEVELOPMENT OF OPTIMUM SPEED DIAGRAMS FOR LITTLE MOVEMENTS OF ACTUATING DEVICE OF AC ELECTRIC DRIVE WITH ELASTIC SHAFTING

Добробаба Юрий Петрович
к.т.н., профессор

Dobrobaba Yurii Petrovitch
Cand.Tech.Sci., professor

Левченко Денис Константинович
студент
Кубанский государственный технологический университет, Краснодар, Россия

Levchenko Denis Konstantinovich
student
Kuban State Technological University, Krasnodar, Russia

В статье описана оптимальная по быстродействию диаграмма для небольших перемещений исполнительного органа электропривода переменного тока с упругим валопроводом. Для данной диаграммы определены параметры, условия существования и зависимость длительности цикла от угла поворота исполнительного органа механизма

In this article, the optimum speed diagram of moving actuating device of AC electric drive with elastic shafting is described. Parameters, conditions of existence and dependence of the duration of the cycle from the angle of rotation of actuating device are defined

Ключевые слова: ОПТИМАЛЬНАЯ ПО БЫСТРОДЕЙСТВИЮ ДИАГРАММА, ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЙ ОРГАН, НЕБОЛЬШИЕ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ

Keywords: OPTIMUM SPEED OF DIAGRAMS ELECTRIC DRIVE ACTUATOR, LITTLE MOVEMENTS

В статье [1] разработана оптимальная по быстродействию диаграммы для небольших перемещений исполнительного органа электропривода переменного тока с идеальным валопроводом (без учета упругости валопровода). У реальных редукторных электроприводов валопроводы упругие. Использование оптимальной по быстродействию диаграммы для небольших перемещений исполнительного органа электропривода переменного тока, разработанной в статье [1], для реального электропривода с упругим валопроводом приведет к уменьшению точности при воспроизведении исполнительным органом механизма заданной траектории движения.

Поэтому весьма актуальной является разработка оптимальной по быстродействию диаграммы для небольших перемещений исполнительного органа электропривода переменного тока с упругим валопроводом.

Математическая модель силовой части электропривода переменного тока с упругим валопроводом [2]:

$$M(t) = M_y(t) + J_1 w_1^{(1)}(t);$$

$$M_y(t) = M_{c0} + J_2 w_2^{(1)}(t);$$

$$j_1^{(1)}(t) = w_1(t);$$

$$j_2^{(1)}(t) = w_2(t);$$

$$M_y(t) = C_y \cdot [j_1(t) - j_2(t)],$$

где M – момент электропривода, $H \cdot м$;

M_y – упругий момент, $H \cdot м$;

M_{c0} – постоянный по величине момент сопротивления, $H \cdot м$;

w_1 – угловая скорость исполнительного органа электродвигателя, $\frac{рад}{с}$;

w_2 – угловая скорость исполнительного органа механизма, $\frac{рад}{с}$;

j_1 – угол поворота исполнительного органа электропривода, $рад$;

j_2 – угол поворота исполнительного органа механизма, $рад$;

J_1 – момент инерции исполнительного органа электродвигателя, $кг \cdot м^2$

J_2 – момент инерции исполнительного органа механизма, $кг \cdot м^2$;

C_y – жесткость валопровода, $\frac{H \cdot м}{рад}$.

Начальные значения контролируемых координат:

$$M(0) = M_{c0};$$

$$M_y(0) = M_{c0};$$

$$w_1^{(1)}(0) = 0;$$

$$w_2^{(1)}(0) = 0;$$

$$w_1(0) = 0;$$

$$w_2(0) = 0;$$

$$j_1(0) = j_{\text{нач}} + \frac{1}{C_y} \cdot M_{c0};$$

$$j_2(0) = j_{\text{нач}},$$

где $j_{\text{нач}}$ – начальное значение угла поворота исполнительного органа механизма, *рад*.

Конечные значения контролируемых координат:

$$M(T_{\text{ц}}) = M_{c0};$$

$$M_y(T_{\text{ц}}) = M_{c0};$$

$$w_1^{(1)}(T_{\text{ц}}) = 0;$$

$$w_2^{(1)}(T_{\text{ц}}) = 0;$$

$$w_1(T_{\text{ц}}) = 0;$$

$$w_2(T_{\text{ц}}) = 0;$$

$$j_1(T_{\text{ц}}) = j_{\text{кон}} + \frac{1}{C_y} \cdot M_{c0};$$

$$j_2(T_{\text{ц}}) = j_{\text{кон}},$$

где $j_{\text{кон}}$ – конечное значение угла поворота исполнительного органа механизма, *рад*.

На рисунках 1÷4 представлена оптимальная по быстродействию диаграмма для небольших перемещений исполнительного органа электропривода переменного тока с упругим валопроводом, состоящая из десяти этапов. На рисунках 1÷4 приняты обозначения:

w_{max} – максимальное значение угловой скорости исполнительного органа механизма, $\frac{\text{рад}}{\text{с}}$;

$w_{\text{max}}^{(1)}$ – максимальное значение первой производной угловой скорости

исполнительного органа механизма, $\frac{rad}{c^2}$;

$w_{доп}^{(2)}$ – максимально допустимое значение второй производной угловой скорости исполнительного органа механизма, $\frac{rad}{c^3}$;

$w_{max}^{(3)}$ – максимальное значение третьей производной угловой скорости исполнительного органа механизма, $\frac{rad}{c^4}$;

M_{max} – максимальное значение момента электропривода, Н·м;

M_{min} – минимальное значение момента электропривода, Н·м;

$M_{уmax}$ – максимальное значение упругого момента, Н·м;

$M_{уmin}$ – минимальное значение упругого момента, Н·м;

$M_{уmax}^{(1)}$ – максимальное значение первой производной упругого момента, $\frac{H \cdot m}{c}$;

$M_{уmax}^{(2)}$ – максимальное значение второй производной упругого момента, $\frac{H \cdot m}{c^2}$;

t_1 – длительность первого, пятого, шестого и десятого этапов, с;

$2t_1$ – длительность третьего и восьмого этапов, с.

t_2 – длительность второго, четвертого, седьмого и девятого этапов, с.

Для оптимальной по быстродействию диаграммы при небольших перемещениях исполнительного органа электропривода переменного тока с упругим валопроводом справедливы следующие соотношения:

$$t_1 = \frac{w_{доп}^{(2)}}{w_{max}^{(3)}};$$

$$t_2^3 + 5t_1 t_2^2 + 8t_1^2 t_2 + 4t_1^3 - \frac{1}{2} \cdot \frac{j_{кон} - j_{нач}}{w_{доп}^{(2)}} = 0;$$

$$T_{ц} = 8t_1 + 4t_2;$$

$$W_{\max}^{(1)} = \omega_{\text{доп}}^{(2)} \cdot (t_1 + t_2);$$

$$W_{\max} = \omega_{\text{доп}}^{(2)} \cdot (t_1 + t_2) \cdot (2t_1 + t_2);$$

$$M_{\max} = M_{c0} + (J_1 + J_2) \cdot \omega_{\max}^{(3)} \cdot (t_1^2 + t_1 t_2) - \frac{J_1 J_2}{C_y} \cdot W_{\max}^{(3)};$$

$$M_{\min} = M_{c0} - (J_1 + J_2) \cdot \omega_{\max}^{(3)} \cdot (t_1^2 + t_1 t_2) + \frac{J_1 J_2}{C_y} \cdot W_{\max}^{(3)};$$

$$M_{y \max} = M_{c0} + J_2 \cdot \omega_{\max}^{(1)};$$

$$M_{y \min} = M_{c0} - J_2 \cdot \omega_{\max}^{(1)},$$

где $T_{ц}$ – длительность цикла, с.

Оптимальная по быстродействию диаграмма для небольших перемещений исполнительного органа электропривода переменного тока с упругим валопроводом справедлива при выполнении условия:

$$j_{\text{гр.1}} \leq (j_{\text{кон}} - j_{\text{нач}}) \leq j_{\text{гр.2}},$$

где
$$j_{\text{гр.1}} = 8 \cdot \frac{[W_{\text{доп}}^{(2)}]^4}{[W_{\max}^{(3)}]^3};$$

$$j_{\text{гр.2}} = 2W_{\text{доп}}^{(1)} \cdot \left[\frac{W_{\text{доп}}^{(1)}}{W_{\text{доп}}^{(2)}} + \frac{W_{\text{доп}}^{(2)}}{W_{\max}^{(3)}} \right]^2,$$

где $W_{\text{доп}}^{(1)}$ – максимально допустимое значение первой производной угловой скорости исполнительного органа механизма, $\frac{\text{рад}}{\text{с}^2}$.

На рисунках 1÷4 приведена оптимальная по быстродействию диаграмма перемещения исполнительного органа электропривода переменного тока с упругим валопроводом, имеющего следующие параметры:

$J_1 = 0,025 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$; $J_2 = 0,025 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$; $C_y = 100 \frac{\text{Н} \cdot \text{м} \cdot \text{с}}{\text{рад}}$. Момент сопро-

тивления электропривода $M_{c0} = 2,5 \text{ Н} \cdot \text{м}$. Координаты электропривода

имели следующие ограничения: $w_{\text{доп}}^{(1)} = 100 \frac{\text{рад}}{\text{с}^2}$;

$w_{\text{доп}}^{(2)} = 500 \frac{\text{рад}}{\text{с}^3}$; $w_{\text{max}}^{(3)} = 10\,000 \frac{\text{рад}}{\text{с}^4}$. Электропривод отработал угол пово-

рота исполнительного органа механизма $(j_{\text{кон}} - j_{\text{нач}}) = 6 \text{ рад}$ за время

$T_{\text{ц}} = 0,8 \text{ с}$. Остальные параметры диаграммы: $t_1 = 0,05 \text{ с}$; $t_2 = 0,1 \text{ с}$;

$w_{\text{max}}^{(1)} = 75 \frac{\text{рад}}{\text{с}^2}$; $w_{\text{max}} = 15 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$; $M_{\text{max}} = 6,1875 \text{ Н} \cdot \text{м}$;

$M_{\text{min}} = -1,1875 \text{ Н} \cdot \text{м}$; $M_{y\text{max}} = 4,375 \text{ Н} \cdot \text{м}$; $M_{y\text{min}} = 0,625 \text{ Н} \cdot \text{м}$.

Граничные значения угла поворота исполнительного органа механизма при таких ограничениях его координат $j_{\text{гр.1}} = 0,5 \text{ рад}$. и $j_{\text{гр.2}} = 12,5 \text{ рад}$.

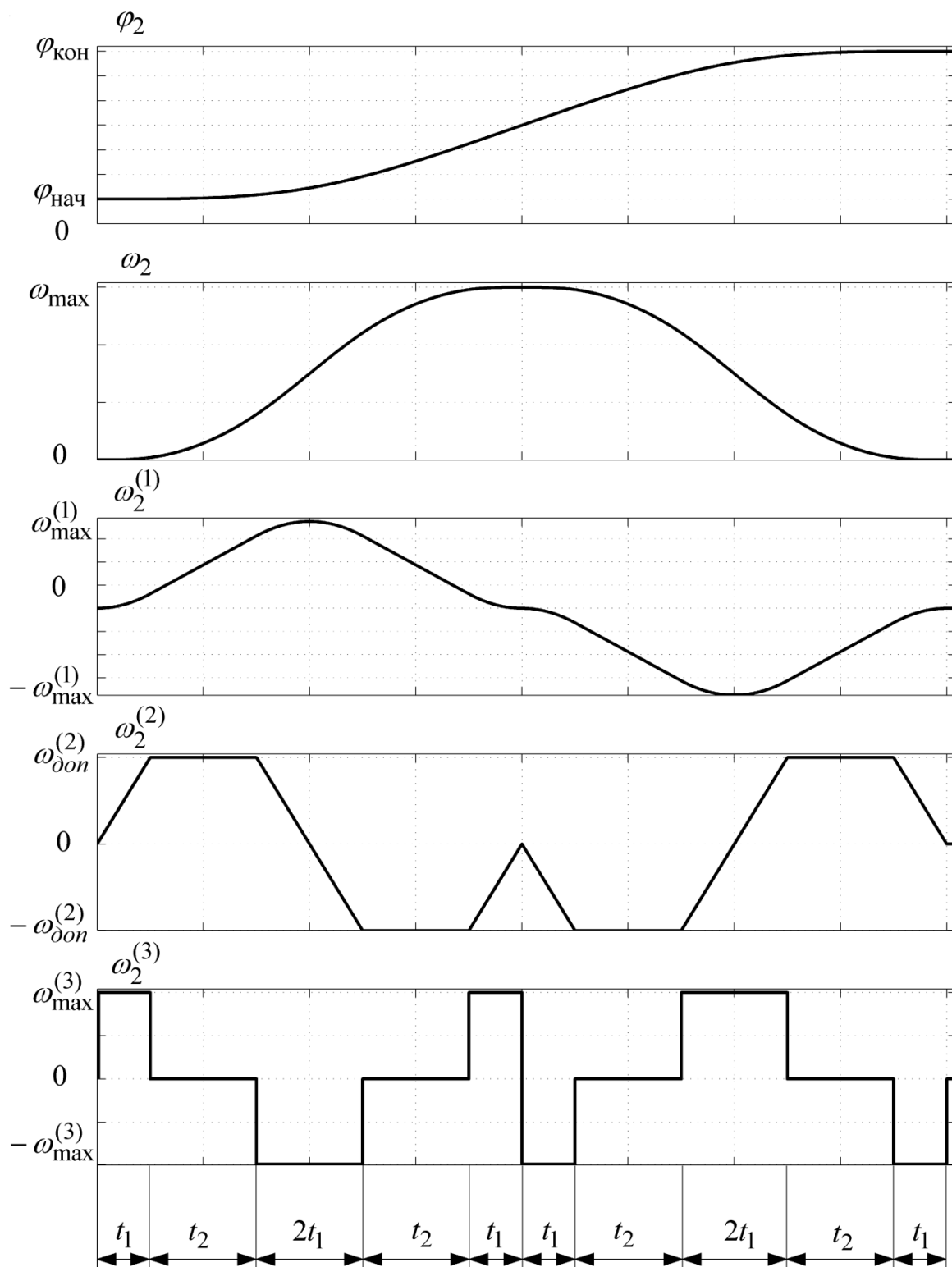


Рисунок 1

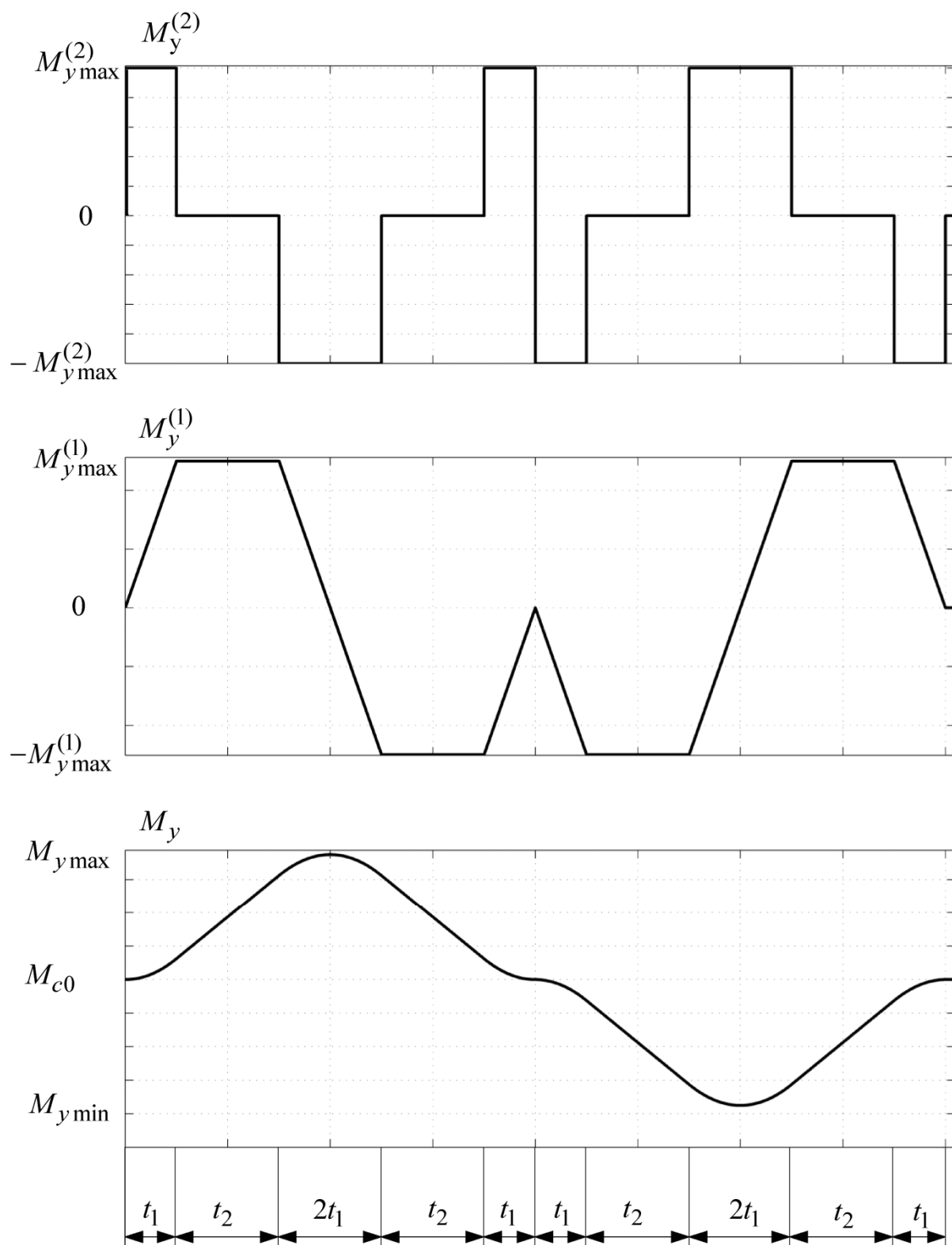


Рисунок 2

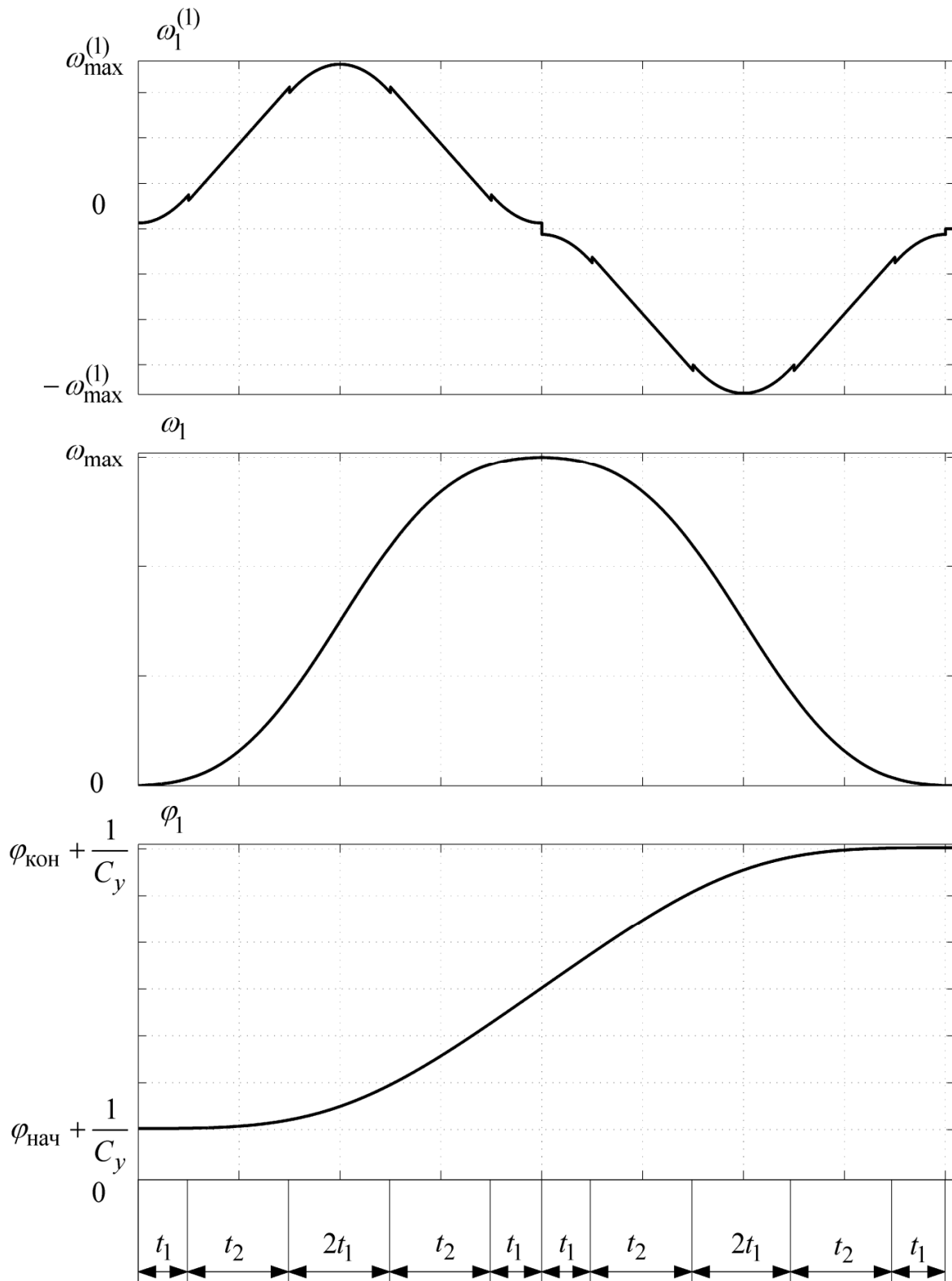


Рисунок 3

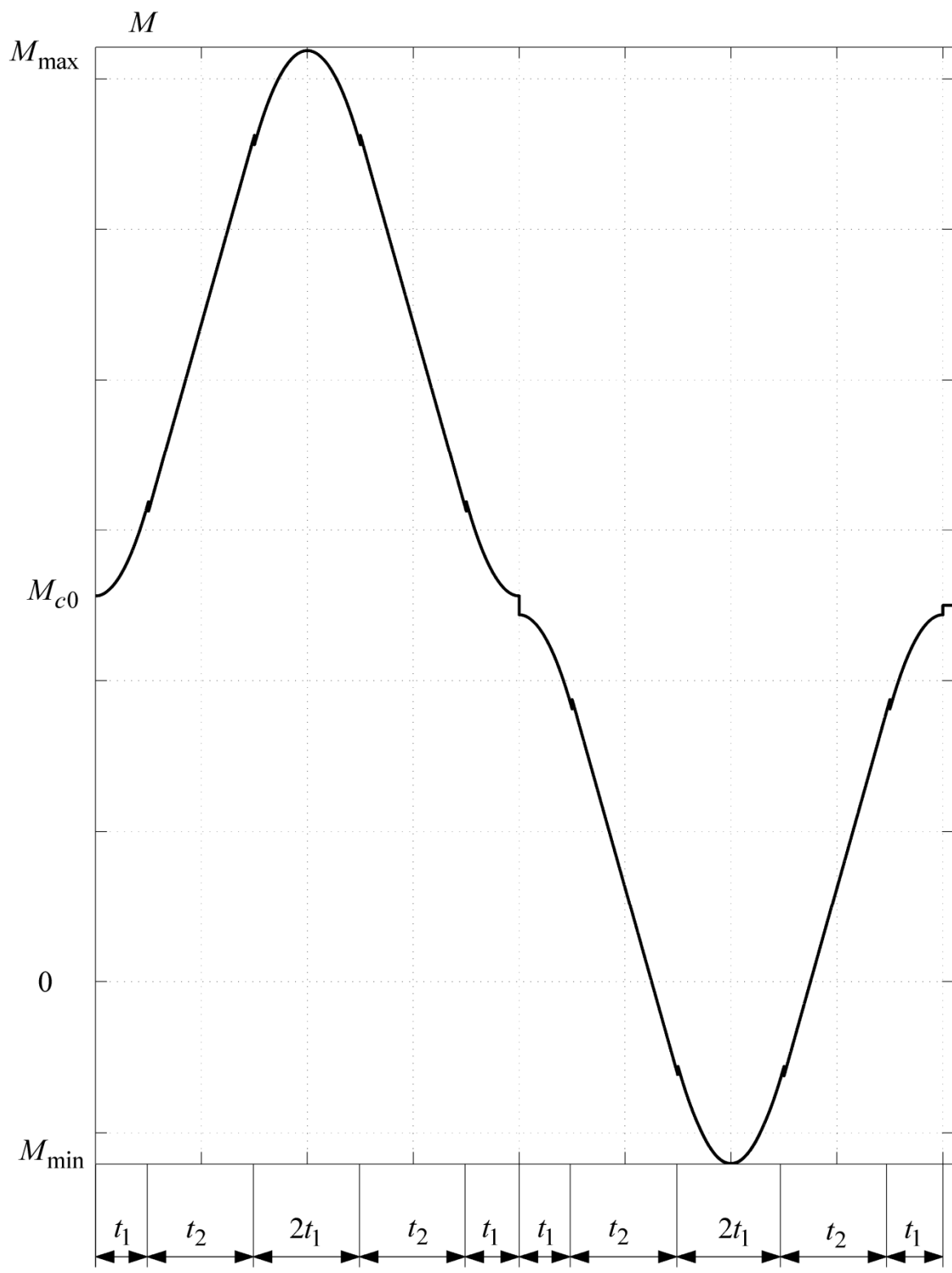


Рисунок 4

На рисунке 5 для электропривода, с указанными выше параметрами, представлена зависимость длительности цикла от угла поворота исполнительного органа механизма.

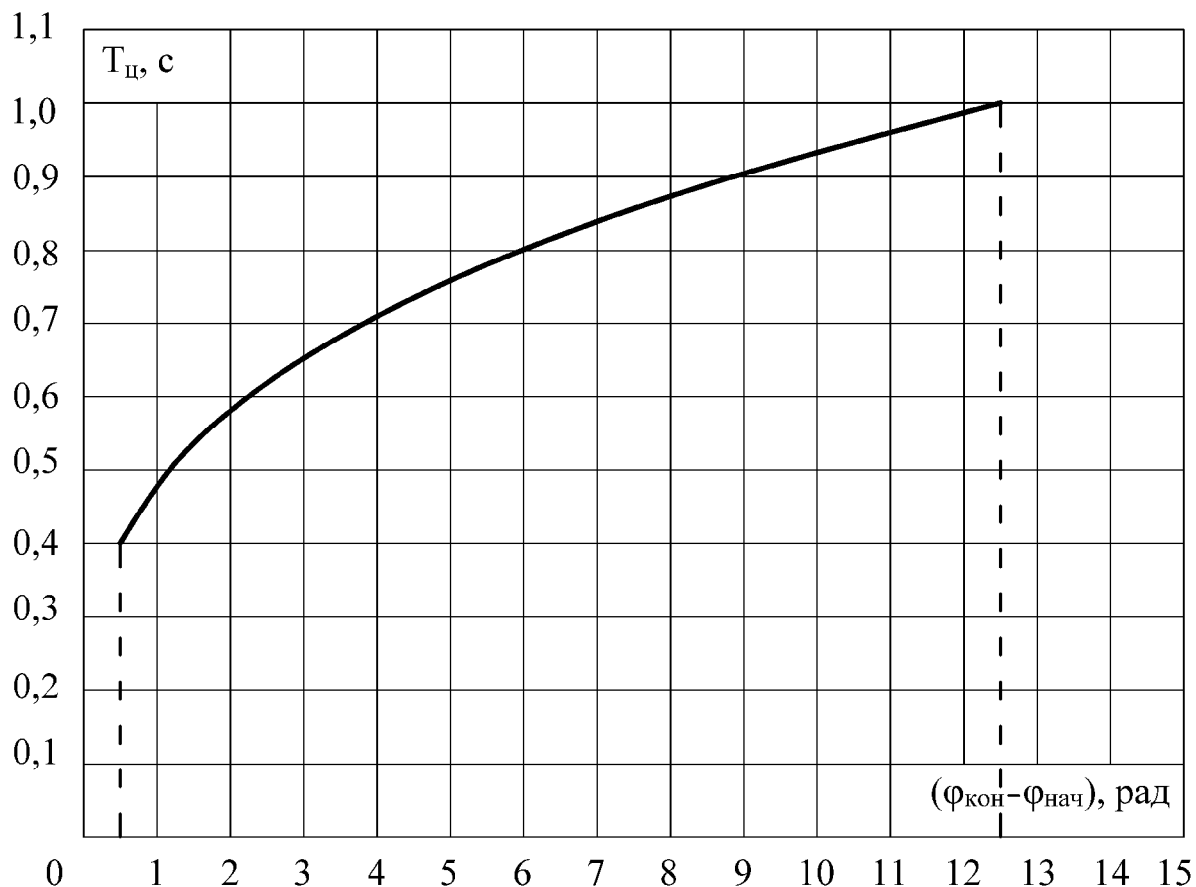


Рисунок 5

Выводы

Разработана оптимальная по быстродействию диаграмма для небольших перемещений исполнительного органа электропривода переменного тока с упругим валопроводом; определена область её существования.

Внедрение предлагаемой оптимальной по быстродействию диаграммы для небольших перемещений исполнительного органа электропривода переменного тока с упругим валопроводом без дополнительных капиталь-

ных затрат приведет к повышению точности при воспроизведении исполнительным органом механизма заданной траектории движения.

Список литературы

1. Добробаба Ю.П., Шпилев А.А., Мурлина Е.А. Разработка оптимальной по быстродействию диаграммы для небольших перемещений электроприводов переменного тока /Известия вузов. Пищевая технология. – 2010.-№1. – с. 84-87.

2. Добробаба Ю.П. Электрический привод. Учеб.пособие /Кубан. гос. технол. ун-т. Краснодар: Изд-во ФГБОУ ВПО «КубГТУ», 2013. – 302 с.

References

1. Dobrobaba Ju.P., Shpilev A.A., Murlina E.A. Razrabotka optimal'noj po bystrodeystviyu diagrammy dlja nebolshyh peremeshhenij jelektroprivodov peremennogo toka /Izvestija vuzov. Pishhevaja tehnologija. – 2010.-№1. – s. 84-87.

2. Dobrobaba Ju.P. Jelektricheskij privod. Ucheb.posobie /Kuban. gos. tehnol. un-t. Krasnodar: Izd-vo FGBOU VPO «KubGTU», 2013. – 302 s.