

УДК 62.83.52:62.503.56

UDC 62.83.52:62.503.56

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

DEVELOPMENT OF OPTIMUM SPEED DIAGRAMS FOR SMALL MOVEMENT OF AN 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 малых 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 we describe the optimum speed diagram of moving actuating device of AC electric drive with elastic shafting. Parameters, conditions of existence and dependence of the duration of the cycle from the angle of rotation of actuating device are defined as well

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

Keywords: OPTIMUM SPEED OF DIAGRAMS ELECTRIC DRIVE ACTUATOR, SMALL MOVEMENT

Статья [1] посвящена разработке оптимальной по быстродействию диаграммы для малых перемещений исполнительных органов электроприводов переменного тока. В статье рассматриваются электроприводы с идеальными валопроводами (без упругости валопровода). Реальные редукторные электроприводы имеют упругие валопроводы. Использование известной оптимальной по быстродействию диаграммы для малых перемещений исполнительного органа электропривода переменного тока для реального электропривода с упругим валопроводом приведет к несанкционированному движению, в результате уменьшится динамическая точность позиционирования.

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

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 малых перемещений исполнительного органа электропривода переменного тока с упругим валопроводом, состоящая из шести этапов. На рисунках 1 ÷ 4 приняты обозначения:

- W_{\max} – максимальное значение угловой скорости исполнительного органа механизма, $\frac{rad}{c}$;
- $W_{\max}^{(1)}$ – максимальное значение первой производной угловой скорости исполнительного органа механизма, $\frac{rad}{c^2}$;
- $W_{\max}^{(2)}$ – максимальное 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;
- $M_{y\max}$ – максимальное значение упругого момента, Н·м;
- $M_{y\min}$ – минимальное значение упругого момента, Н·м;
- $M_{y\max}^{(1)}$ – максимальное значение первой производной упругого момента, $\frac{H \cdot m}{c}$;
- $M_{y\max}^{(2)}$ – максимальное значение второй производной упругого момента, $\frac{H \cdot m}{c^2}$;
- t_1 – длительность первого, третьего, четвертого и шестого этапов, с;
- $2t_1$ – длительность второго и пятого этапов, с.

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

$$t_1 = \sqrt[4]{\frac{1}{8} \cdot \frac{j_{\text{кон}} - j_{\text{нач}}}{w_{\text{max}}^{(3)}}};$$

$$T_{\text{ц}} = 4 \cdot \sqrt[4]{2 \cdot \frac{j_{\text{кон}} - j_{\text{нач}}}{w_{\text{max}}^{(3)}}};$$

$$w_{\text{max}}^{(2)} = \sqrt[4]{\frac{1}{8} \cdot (j_{\text{кон}} - j_{\text{нач}}) \cdot [w_{\text{max}}^{(3)}]^3};$$

$$w_{\text{max}}^{(1)} = \sqrt{\frac{1}{8} \cdot (j_{\text{кон}} - j_{\text{нач}}) \cdot w_{\text{max}}^{(3)}};$$

$$w_{\text{max}} = \sqrt[4]{\frac{1}{32} \cdot (j_{\text{кон}} - j_{\text{нач}})^3 \cdot w_{\text{max}}^{(3)}};$$

$$M_{\text{max}} = M_{\text{с0}} + (J_1 + J_2) \cdot \sqrt{\frac{1}{8} \cdot (j_{\text{кон}} - j_{\text{нач}}) \cdot w_{\text{max}}^{(3)}} - \frac{J_1 J_2}{C_y} \cdot w_{\text{max}}^{(3)};$$

$$M_{\text{min}} = M_{\text{с0}} - (J_1 + J_2) \cdot \sqrt{\frac{1}{8} \cdot (j_{\text{кон}} - j_{\text{нач}}) \cdot w_{\text{max}}^{(3)}} + \frac{J_1 J_2}{C_y} \cdot w_{\text{max}}^{(3)};$$

$$M_{y \text{ max}} = M_{\text{с0}} + J_2 \cdot \sqrt{\frac{1}{8} \cdot (j_{\text{кон}} - j_{\text{нач}}) \cdot w_{\text{max}}^{(3)}};$$

$$M_{y \text{ min}} = M_{\text{с0}} - J_2 \cdot \sqrt{\frac{1}{8} \cdot (j_{\text{кон}} - j_{\text{нач}}) \cdot w_{\text{max}}^{(3)}};$$

где $T_{\text{ц}}$ – длительность цикла, с.

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

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

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

$w_{\text{доп}}^{(2)}$ – максимально допустимое значение второй производной угловой скорости исполнительного органа механизма, $\frac{\text{рад}}{\text{с}^3}$.

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

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

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

$$\text{следующие ограничения: } w_{\text{доп}}^{(2)} = 500 \frac{\text{рад}}{\text{с}^3}; \quad w_{\text{max}}^{(3)} = 10\,000 \frac{\text{рад}}{\text{с}^4}$$

Электропривод отработал угол поворота исполнительного органа механизма $(j_{\text{кон}} - j_{\text{нач}}) = 0,03125 \text{ рад}$ за время $T_{\text{ц}} = 0,2 \text{ с}$. Остальные параметры диаграм-

$$\text{мы: } t_1 = 0,025 \text{ с}; \quad w_{\text{max}}^{(2)} = 250 \frac{\text{рад}}{\text{с}^3}; \quad w_{\text{max}}^{(1)} = 6,25 \frac{\text{рад}}{\text{с}^2}; \quad w_{\text{max}} = 0,3125 \frac{\text{рад}}{\text{с}};$$

$$M_{\text{max}} = 2,75 \text{ Н} \cdot \text{м}; \quad M_{\text{min}} = 2,25 \text{ Н} \cdot \text{м}; \quad M_{y \text{ max}} = 2,65625 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$M_{y \text{ min}} = 2,34375 \text{ Н} \cdot \text{м}$. Граничное значение угла поворота исполнительного органа механизма при таких ограничениях его координат $j_{\text{гр.1}} = 0,5 \text{ рад}$.

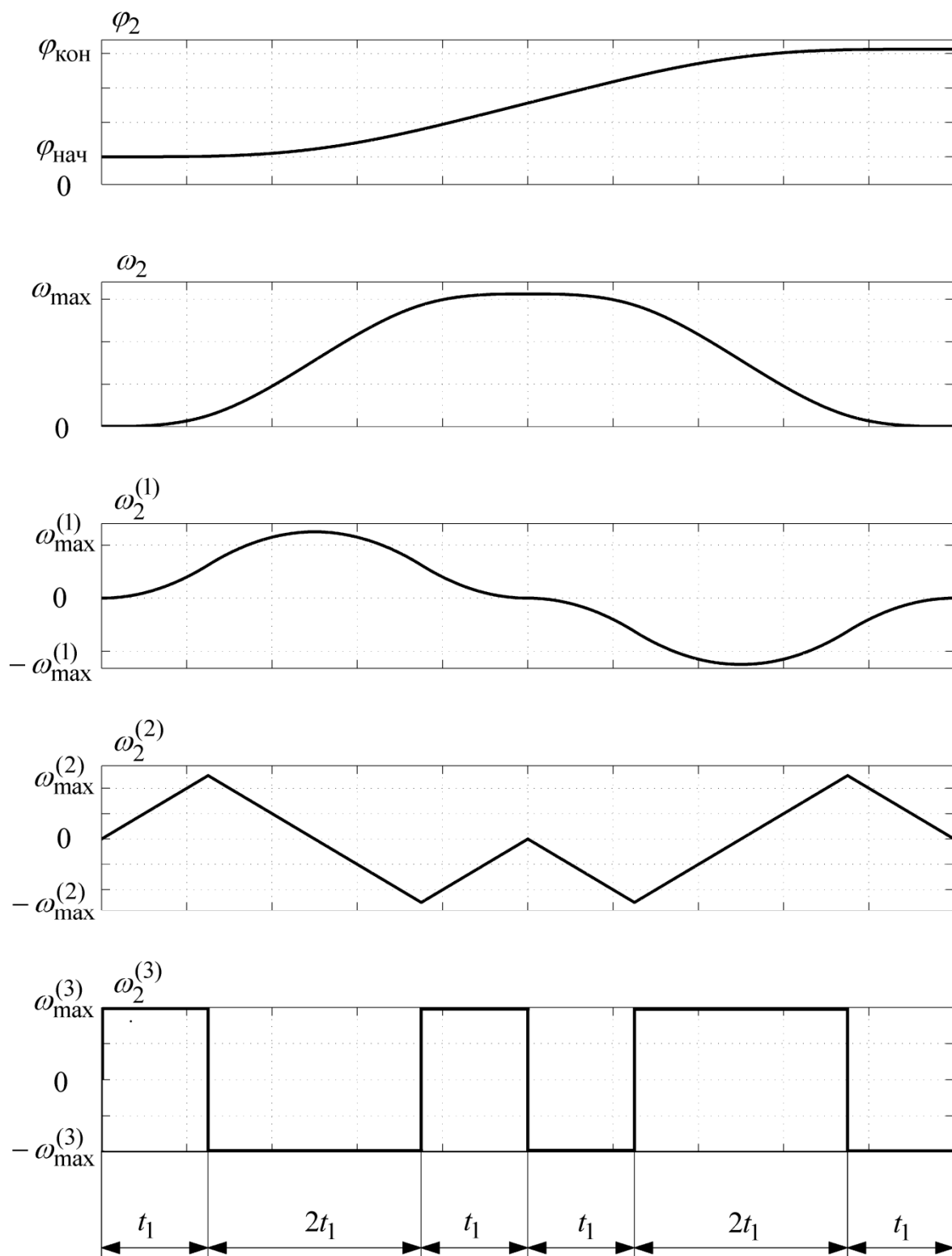


Рисунок 1

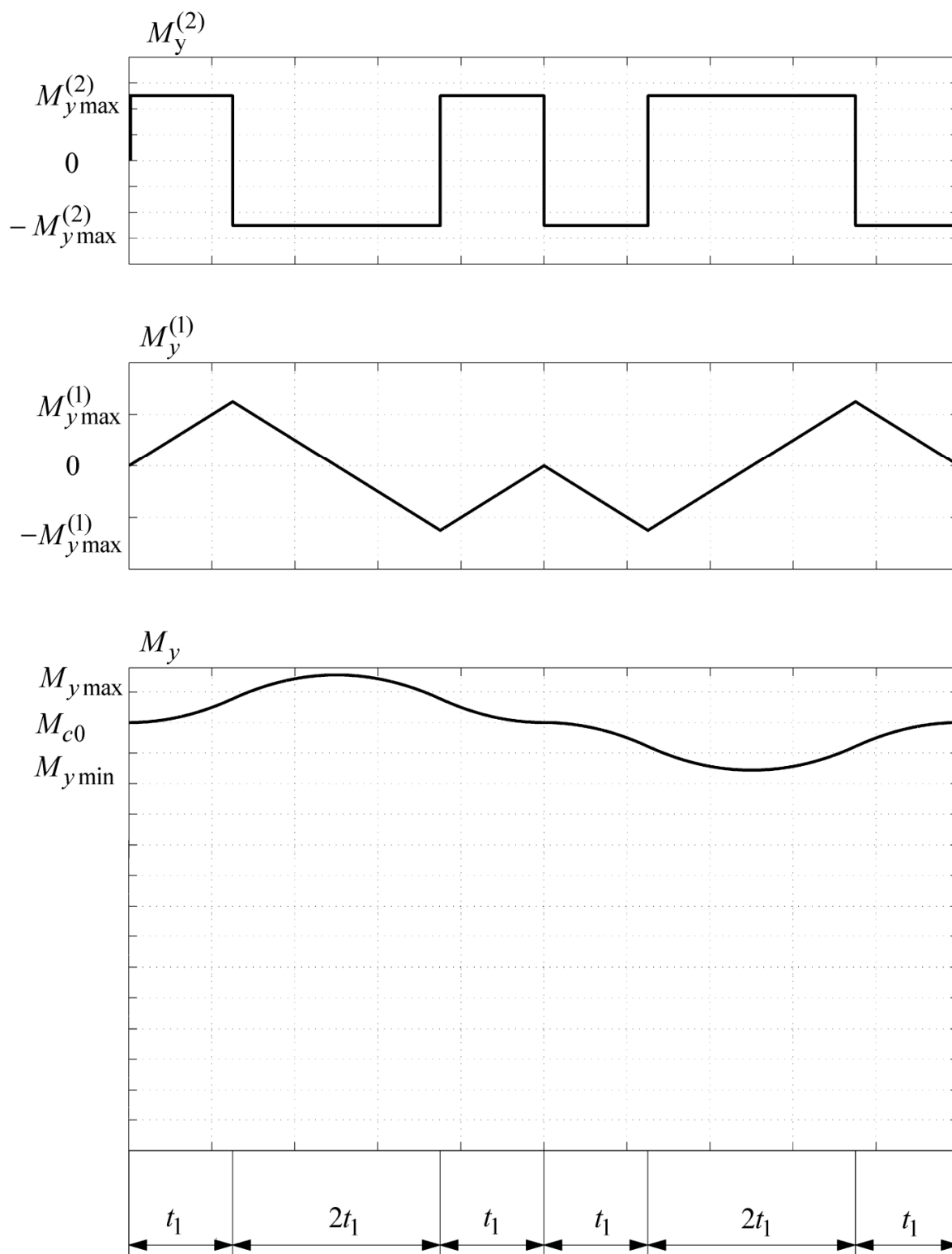


Рисунок 2

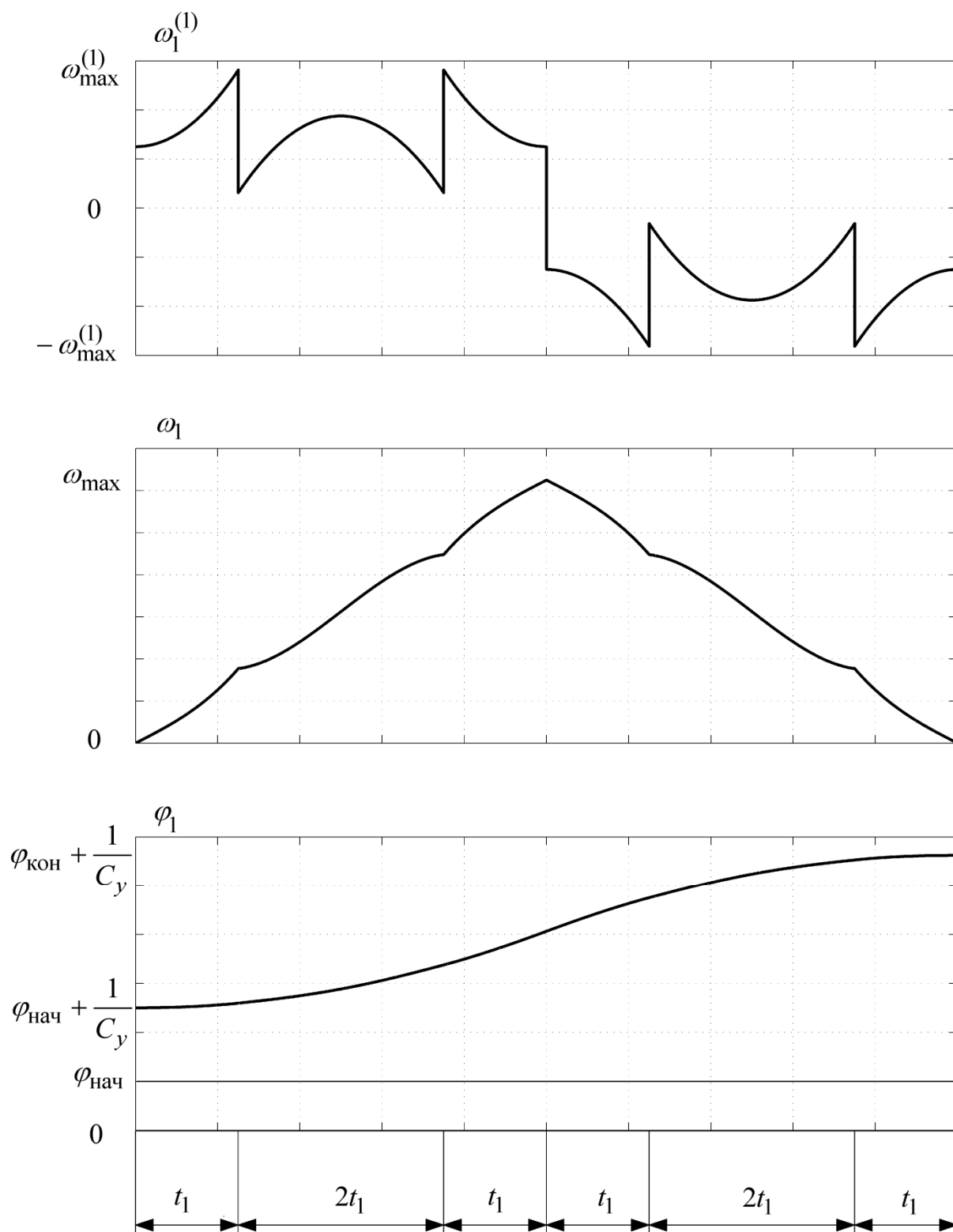


Рисунок 3

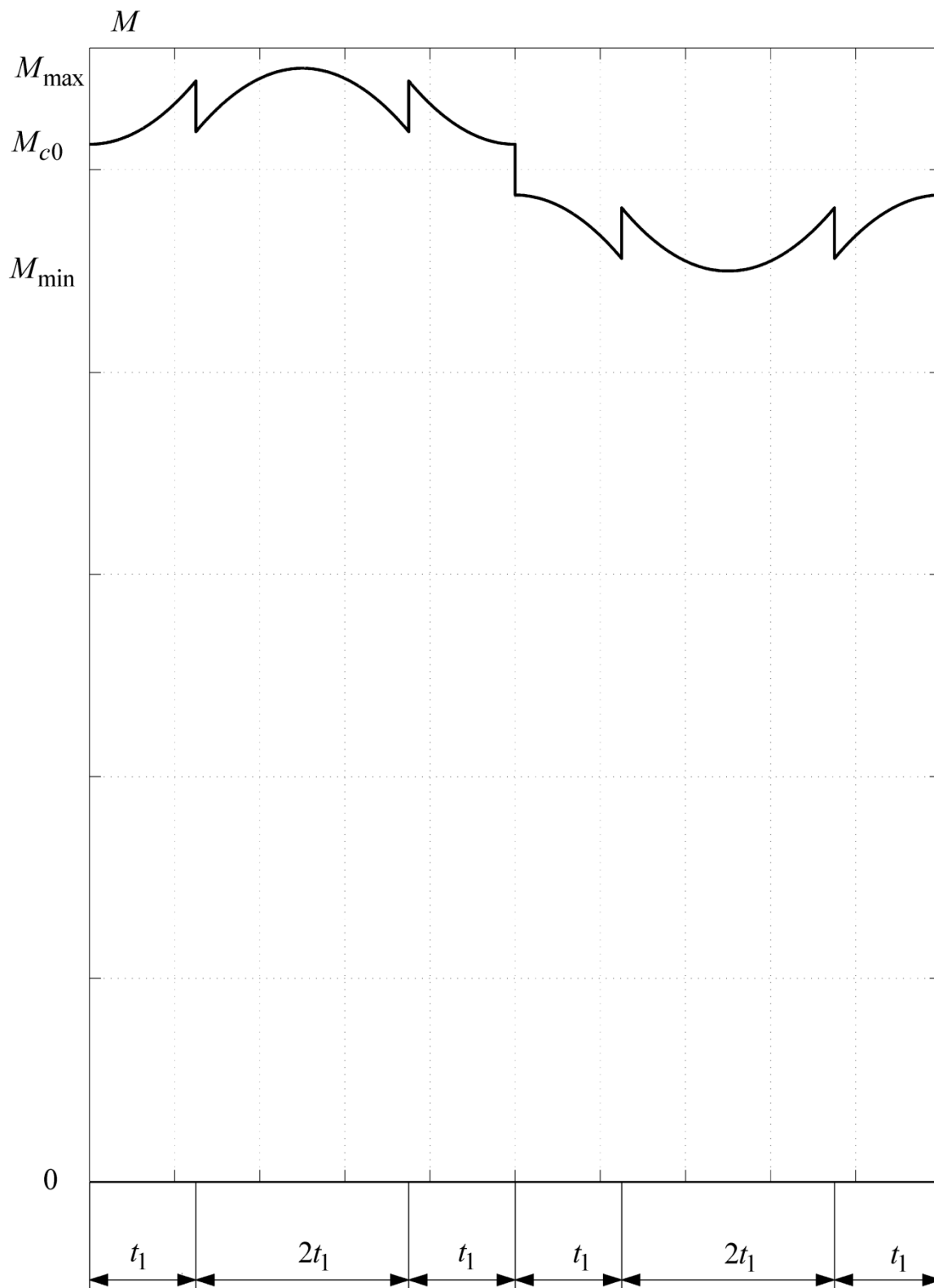


Рисунок 4

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

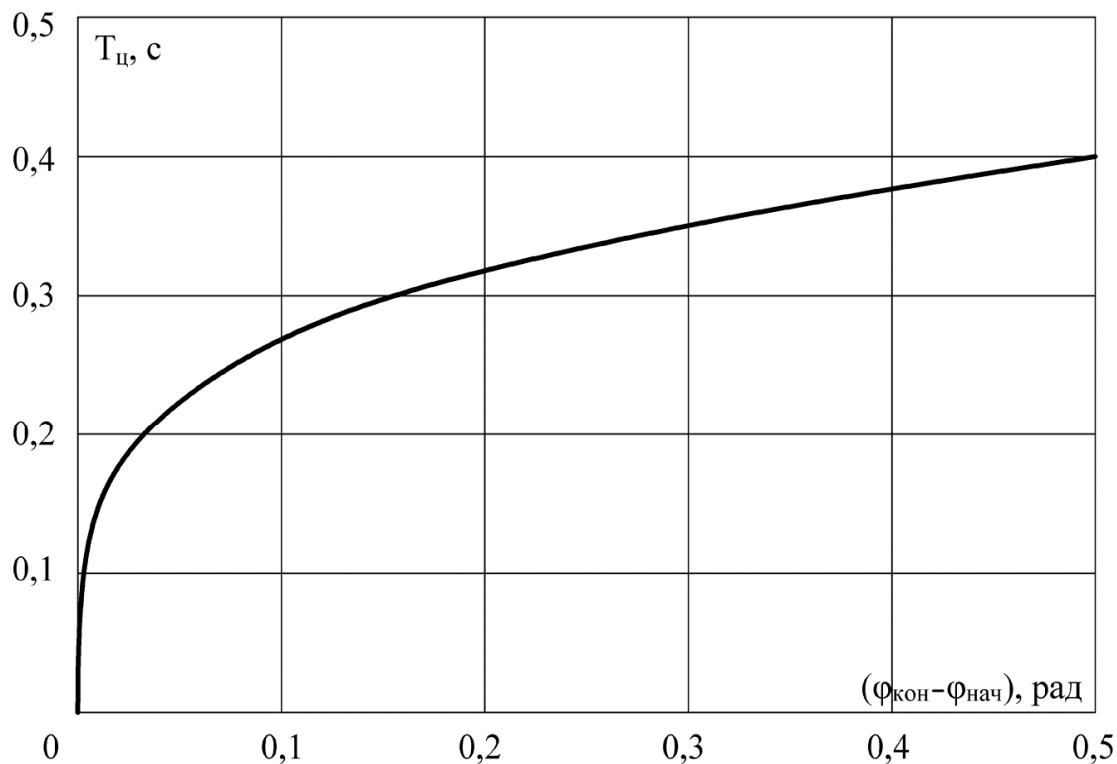


Рисунок 5

Выводы

Разработана оптимальная по быстродействию диаграмма для малых перемещений исполнительного органа электропривода переменного тока с упругим валопроводом. Определена область существования предлагаемой диаграммы перемещения исполнительного органа электропривода переменного тока с упругим валопроводом.

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

ных затрат приведет к повышению точности движения исполнительных органов промышленных механизмов.

Список литературы

1. Добробаба Ю.П., Шпилев А.А., Мурлина Е.А. Разработка оптимальной по быстродействию диаграммы для малых перемещений электроприводов переменного тока /Известия вузов. Пищевая технология.– 2009.-№5-6. – с. 99-101.
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 bystrodejstviju diagrammy dlja malyh peremeshhenij jelektroprivodov peremennogo toka /Izvestija vuzov. Pishhevaja tehnologija.– 2009.-№5-6. – s. 99-101.
2. Dobrobaba Ju.P. Jelektricheskiy privod. Ucheb.posobie /Kuban. gos. tehnol. un-t. Krasnodar: Izd-vo FGBOU VPO «KubGTU», 2013. – 302 s.