

УДК 62.83.52:62.503.56

UDC62.83.52:62.503.56

**РАЗРАБОТКА ОПТИМАЛЬНОЙ ПО БЫСТРОДЕЙСТВИЮ ДИАГРАММЫ ДЛЯ БОЛЬШИХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ ИСПОЛНИТЕЛЬНОГО ОРГАНА ЭЛЕКТРОПРИВОДА ПЕРЕМЕННОГО ТОКА С УПРУГИМ ВАЛОПРОВОДОМ****DEVELOPMENT OF OPTIMUM SPEED DIAGRAMS FOR LARGE 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 больших 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 optimum speed diagram of large 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, БОЛЬШИЕ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ

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

В статье [1] разработана оптимальная по быстродействию диаграмма для больших перемещений исполнительного органа электропривода переменного тока с идеальным валопроводом (без учета влияния упругости реального валопровода). Использование оптимальной по быстродействию диаграммы для больших перемещений исполнительного органа электропривода переменного тока, представленной в статье [1], для реальных электроприводов, имеющих упругий валопровод, приведет к уменьшению точности воспроизведения исполнительным органом механизма заданной траектории движения.

Поэтому разработка оптимальной по быстродействию диаграммы для больших 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 электродвигателя,  $рад$ ;

$j_2$  – 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*.

Оптимальная по быстродействию диаграмма для больших перемещений исполнительного органа электропривода переменного тока с упругим валопроводом, состоящая из пятнадцати этапов, приведена на рисунках 1 ÷ 4. На рисунках 1 ÷ 4 приняты обозначения:

$w_{\text{доп}}$  – максимально допустимое значение угловой скорости исполнительного органа механизма,  $\frac{\text{рад}}{\text{с}}$ ;

- $w_{\text{доп}}^{(1)}$  – максимально допустимое значение первой производной угловой скорости исполнительного органа механизма,  $\frac{\text{рад}}{c^2}$ ;
- $w_{\text{доп}}^{(2)}$  – максимально допустимое значение второй производной угловой скорости исполнительного органа механизма,  $\frac{\text{рад}}{c^3}$ ;
- $w_{\text{max}}^{(3)}$  – максимальное значение третьей производной угловой скорости исполнительного органа механизма,  $\frac{\text{рад}}{c^4}$ ;
- $M_{\text{max}}$  – максимальное значение момента электропривода,  $H \cdot м$ ;
- $M_{\text{min}}$  – минимальное значение момента электропривода,  $H \cdot м$ ;
- $M_{y\text{max}}$  – максимальное значение упругого момента,  $H \cdot м$ ;
- $M_{y\text{min}}$  – минимальное значение упругого момента,  $H \cdot м$ ;
- $M_{y\text{max}}^{(1)}$  – максимальное значение первой производной упругого момента,  $\frac{H \cdot м}{c}$ ;
- $M_{y\text{max}}^{(2)}$  – максимальное значение второй производной упругого момента,  $\frac{H \cdot м}{c^2}$ ;
- $t_1$  – длительность первого, третьего, пятого, седьмого, девятого, одиннадцатого, тринадцатого и пятнадцатого этапов,  $c$ ;
- $t_2$  – длительность второго, шестого, десятого и четырнадцатого этапов,  $c$ ;
- $t_3$  – длительность четвертого и двенадцатого этапов,  $c$ .
- $t_4$  – длительность восьмого этапа,  $c$ .

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

$$t_1 = \frac{W_{\partial on}^{(2)}}{W_{\max}^{(3)}};$$

$$t_2 = \frac{W_{\partial on}^{(1)}}{W_{\partial on}^{(2)}} - \frac{W_{\partial on}^{(2)}}{W_{\max}^{(3)}};$$

$$t_3 = \frac{W_{\partial on}^{(1)}}{W_{\partial on}^{(1)}} - \frac{W_{\partial on}^{(2)}}{W_{\partial on}^{(2)}} - \frac{W_{\partial on}^{(2)}}{W_{\max}^{(3)}};$$

$$t_3 = \frac{j_{\text{кон}} - j_{\text{нач}}}{W_{\partial on}} - \frac{W_{\partial on}^{(1)}}{W_{\partial on}^{(1)}} - \frac{W_{\partial on}^{(2)}}{W_{\partial on}^{(2)}} - \frac{W_{\partial on}^{(2)}}{W_{\max}^{(3)}};$$

$$T_{\text{ц}} = \frac{j_{\text{кон}} - j_{\text{нач}}}{W_{\partial on}} + \frac{W_{\partial on}^{(1)}}{W_{\partial on}^{(1)}} + \frac{W_{\partial on}^{(2)}}{W_{\partial on}^{(2)}} + \frac{W_{\partial on}^{(2)}}{W_{\max}^{(3)}};$$

$$M_{\max} = M_{c0} + (J_1 + J_2) \cdot \omega_{\partial on}^{(1)};$$

$$M_{\min} = M_{c0} - (J_1 + J_2) \cdot \omega_{\partial on}^{(1)};$$

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

$$M_{y \min} = M_{c0} - J_2 \cdot \omega_{\partial on}^{(1)};$$

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

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

$$j_{\text{гр.3}} \leq (j_{\text{кон}} - j_{\text{нач}}),$$

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

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

$$\text{имели следующие ограничения: } w_{\text{доп}} = 160 \frac{\text{рад}}{\text{с}}; \quad w_{\text{доп}}^{(1)} = 100 \frac{\text{рад}}{\text{с}^2};$$

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

Электропривод отработал угол поворота исполнительного органа механизма  $(j_{\text{кон}} - j_{\text{нач}}) = 400 \text{ рад}$  за время

$$T_{\text{ц}} = 4,35 \text{ с}. \quad \text{Остальные параметры диаграммы: } t_1 = 0,05 \text{ с}; \quad t_2 = 0,15 \text{ с};$$

$$t_3 = 1,35 \text{ с}; \quad t_4 = 0,65 \text{ с}; \quad M_{\text{max}} = 7,5 \text{ Н} \cdot \text{м}; \quad M_{\text{min}} = -2,5 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M_{y \text{ max}} = 5 \text{ Н} \cdot \text{м}; \quad M_{y \text{ min}} = 0 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Граничные значения угла поворота исполнительного органа механизма при таких ограничениях его координат  $j_{\text{гр.3}} = 296 \text{ рад}$ .

Зависимость длительности цикла от угла поворота исполнительного органа механизма для предлагаемой диаграммы является линейной.

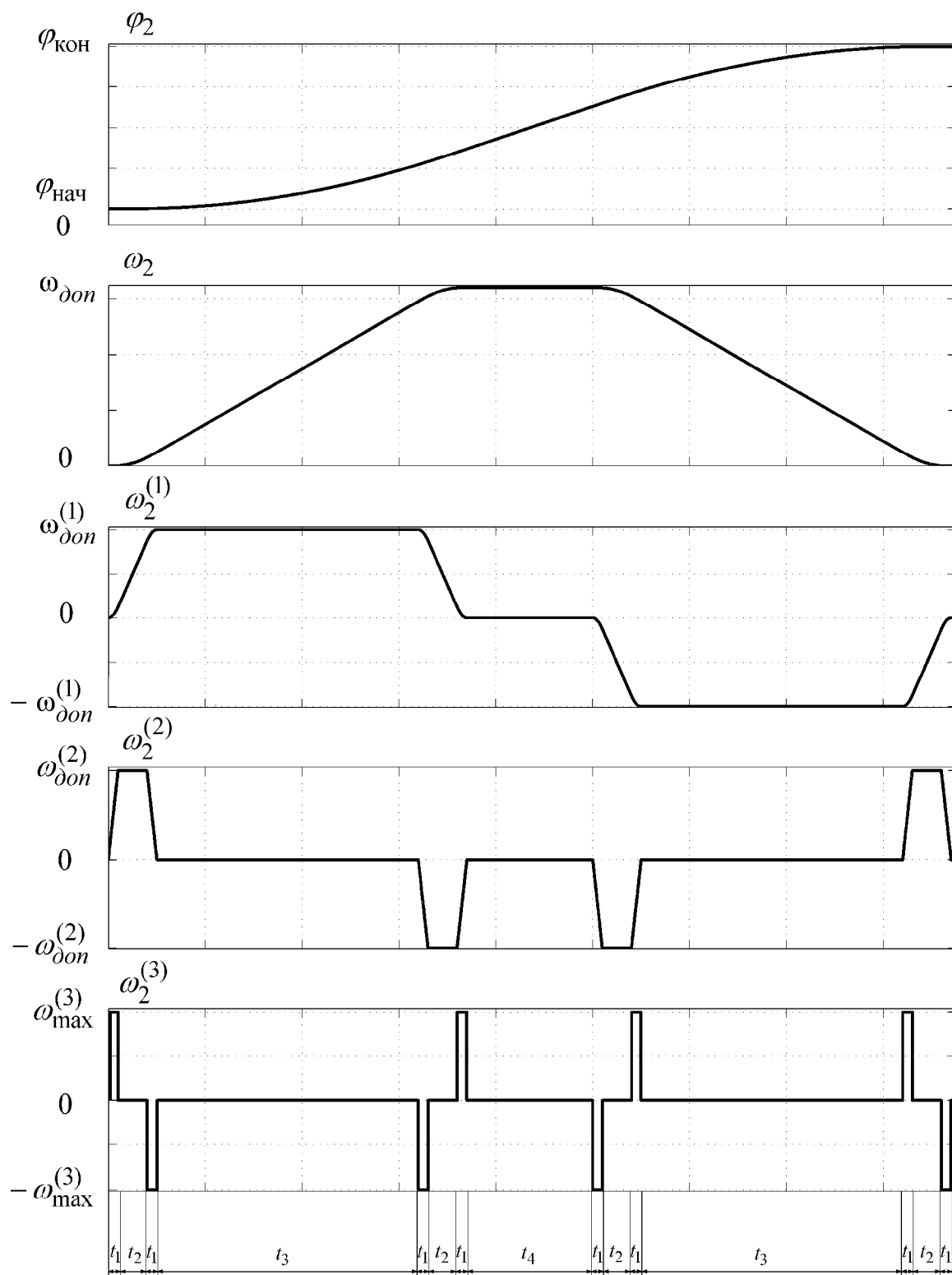


Рисунок 1

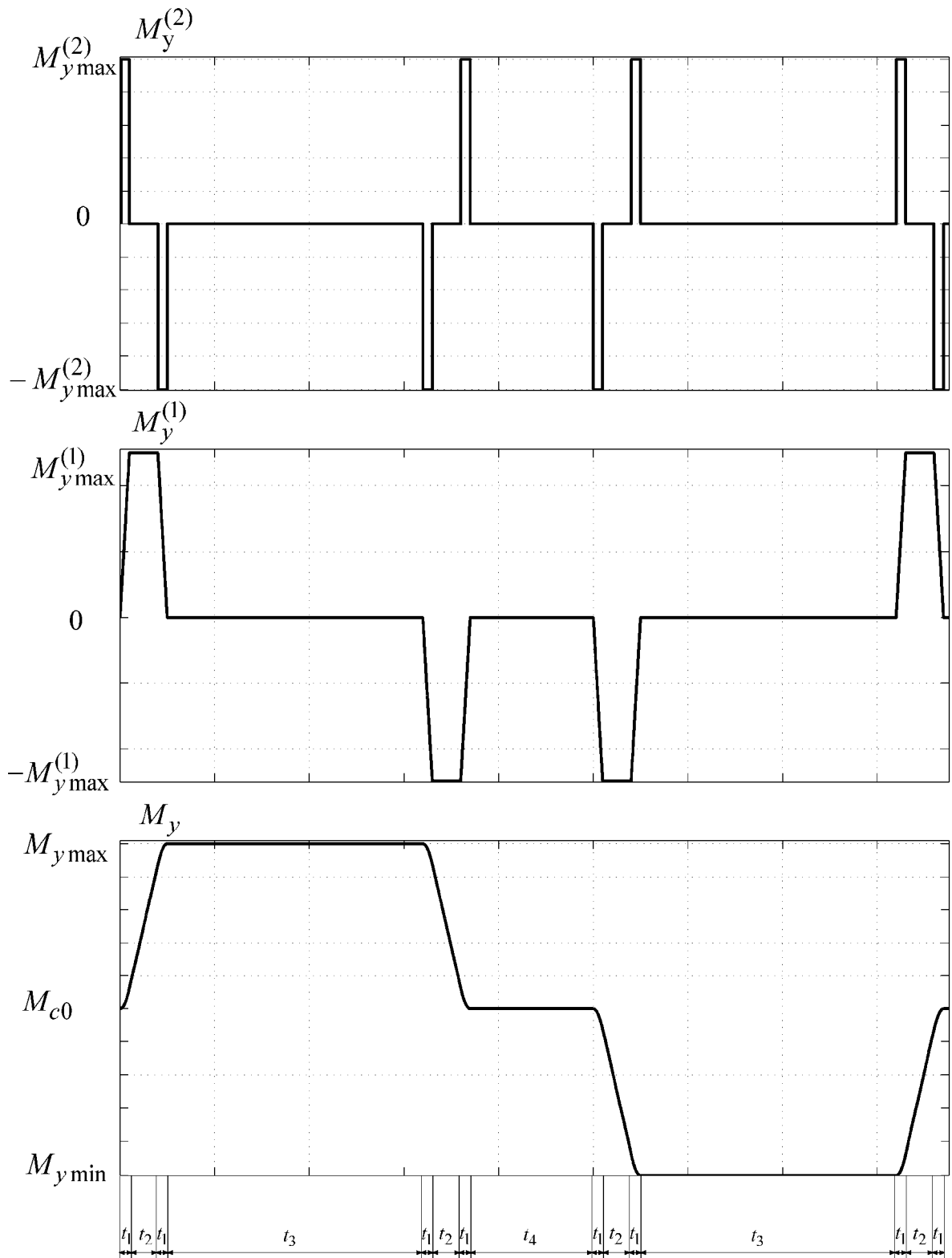


Рисунок 2



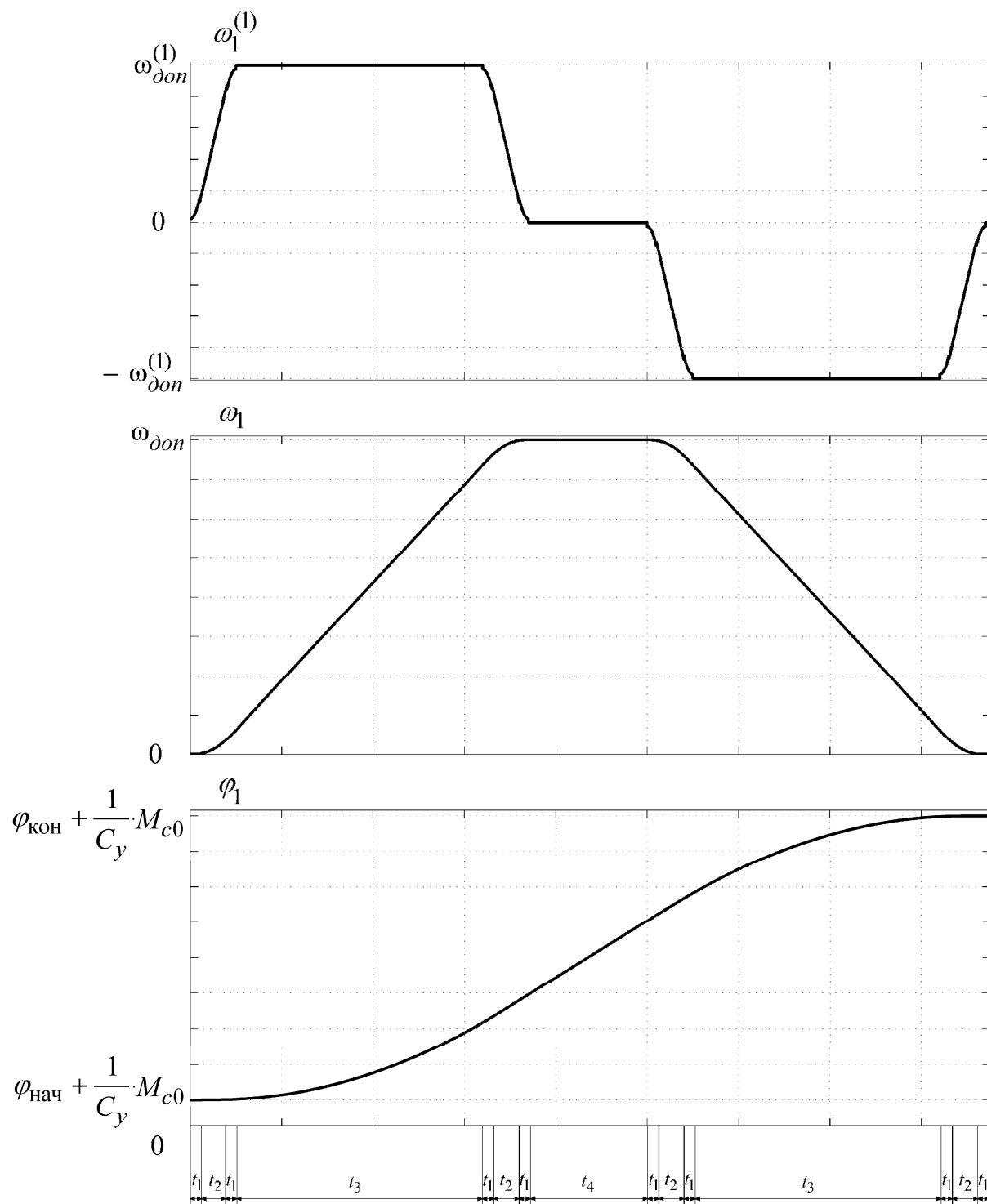


Рисунок 3

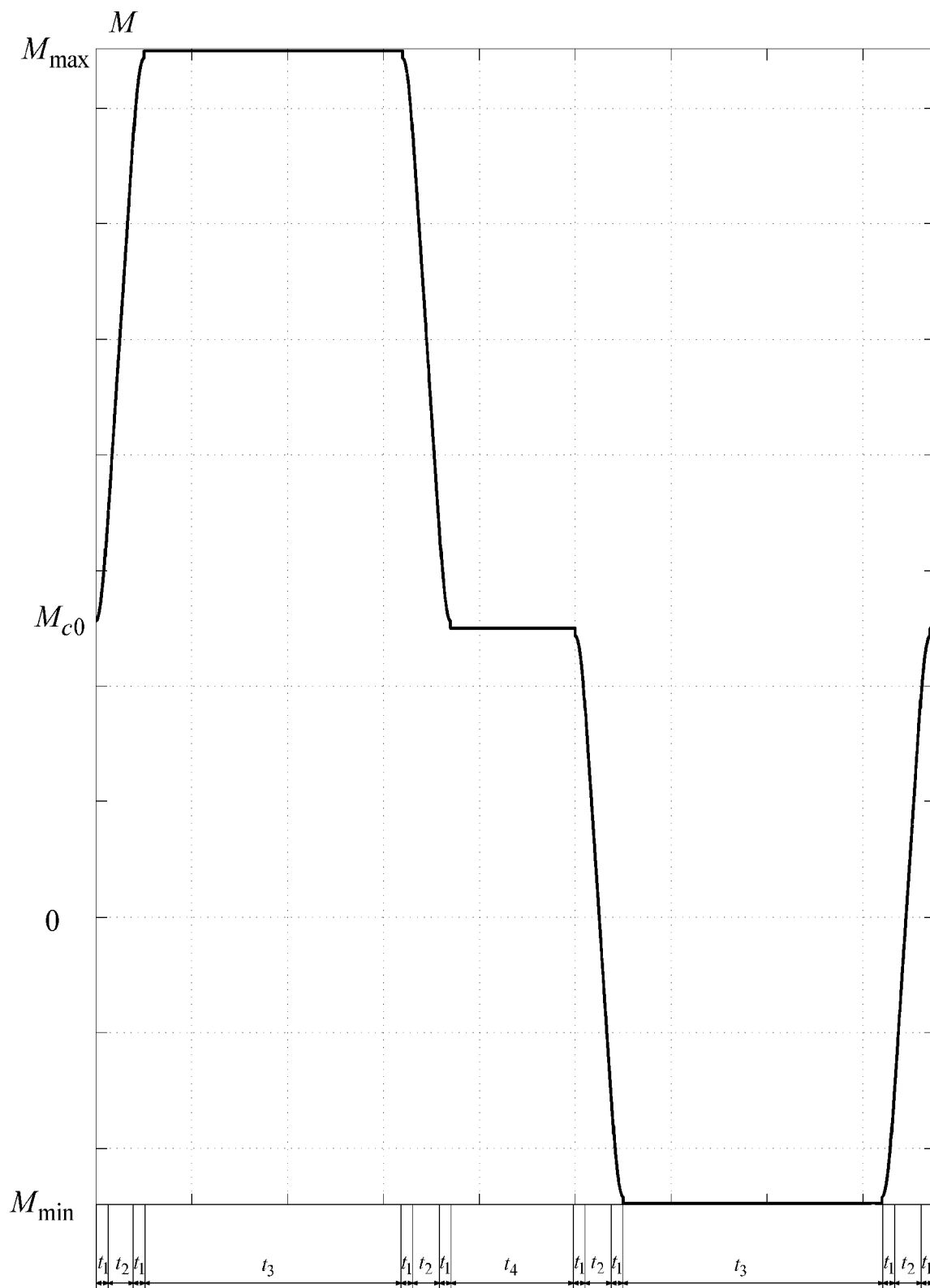


Рисунок 4

## Выводы

Разработана оптимальная по быстродействию диаграмма для больших перемещений исполнительного органа электропривода переменного тока с упругим валопроводом. Диаграмма состоит из пятнадцати этапов, определены её параметры и область существования.

При внедрении оптимальной по быстродействию диаграммы для больших перемещений исполнительного органа электропривода переменного тока с упругим валопроводом повысится точность воспроизведения исполнительным органом механизма заданной траектории движения. Особо следует отметить, что при внедрении не требуются дополнительные капитальные затраты.

## Список литературы

1. Добробаба Ю.П., Шпилев А.А., Мурлина Е.А. Разработка оптимальной по быстродействию диаграммы для больших перемещений электроприводов переменного тока /Известия вузов. Пищевая технология. – 2010.-№ 4. – с. 95-98.
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 bolshih peremeshhenij jelektroprivodov peremennogo toka /Izvestija vuzov. Pishhevaja tehnologija. – 2010.-№ 4. – s. 95-98.
2. Dobrobaba Ju.P. Jelektricheskij privod. Ucheb.posobie /Kuban. gos. tehnol. un-t. Krasnodar: Izd-vo FGBOU VPO «KubGTU», 2013. – 302 s.