

*РАЗРАБОТКА ОПТИМАЛЬНОЙ ПО БЫСТРОДЕЙСТВИЮ ДИАГРАММЫ ДЛЯ
СРЕДНИХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ ИСПОЛНИТЕЛЬНОГО ОРГАНА
ПРЕЦИЗИОННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА ПЕРЕМЕННОГО ТОКА С УПРУГИМ
ВАЛОПРОВОДОМ*

Ю.П. ДОБРОБАБА, И.Б. КУЗЬМИНА

*Кубанский государственный технологический университет,
350072, Российская Федерация, г. Краснодар, ул. Московская, 2;
электронная почта: curious_girl_23@mail.ru*

В статье предлагается оптимальная по быстродействию диаграмма для средних перемещений исполнительного органа прецизионного электропривода переменного тока с упругим валопроводом. Для данной диаграммы определены аналитические зависимости для расчета параметров диаграммы, область существования и зависимость длительности цикла от угла поворота исполнительного органа механизма.

Ключевые слова: оптимальная по быстродействию диаграмма, исполнительный орган, средние перемещения.

Статья [1] посвящена разработке оптимальной по быстродействию диаграммы для средних перемещений исполнительных органов электроприводов переменного тока с упругим валопроводом. При разработке данной диаграммы не учитывались постоянные времена цепей ротора и статора, что привело к возникновению ошибки при перемещении исполнительного органа электропривода. При некоторых технологических процессах, где требуется не только точность позиционирования, но и строгое соблюдение заданной траектории перемещения исполнительного органа электропривода это недопустимо.

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

На рисунке 1 представлена оптимальная по быстродействию диаграмма для средних перемещений исполнительного органа прецизионного электропривода переменного тока с упругим валопроводом, состоящая из тридцати этапов. На первом, третьем, шестом, десятом, тринадцатом, пятнадцатом, семнадцатом, двадцатом, двадцать втором, двадцать четвертом,

двадцать шестом и двадцать девятом этапах пятая производная угловой скорости исполнительного органа электропривода равна максимально допустимому значению $\omega_{\text{доп}}^{(5)}$; на втором, пятом, седьмом, девятом, одиннадцатом, четырнадцатом, шестнадцатом, восемнадцатом, двадцать первом, двадцать пятом, двадцать восьмом и тридцатом этапах пятая производная угловой скорости исполнительного органа электропривода равна максимально допустимому значению со знаком «минус» $-\omega_{\text{доп}}^{(5)}$; на четвертом, восьмом, двенадцатом, девятнадцатом, двадцать третьем и двадцать седьмом этапах пятая производная угловой скорости исполнительного органа электропривода равна нулю. Длительность первого, третьего, пятого, седьмого, девятого, одиннадцатого, тринадцатого, пятнадцатого, шестнадцатого, восемнадцатого, двадцатого, двадцать второго, двадцать четвертого, двадцать шестого, двадцать восьмого и тридцатого этапов равна t_1 ; длительность второго, шестого, десятого, четырнадцатого, семнадцатого, двадцать первого, двадцать пятого и двадцать девятого этапов равна $2t_1$; длительность четвертого, двенадцатого, девятнадцатого и двадцать седьмого этапов равна t_2 ; длительность восьмого и двадцать третьего этапов равна t_3 . В моменты времени t_1 , $7t_1 + t_2$, $11t_1 + t_2 + t_3$, $13t_1 + 2t_2 + t_3$, $19t_1 + 2t_2 + t_3$, $21t_1 + 3t_2 + t_3$, $25t_1 + 3t_2 + 2t_3$, $31t_1 + 4t_2 + 2t_3$ четвертая производная угловой скорости исполнительного органа электропривода достигает максимального значения $\omega_{\text{max}}^{(4)}$; в моменты времени $3t_1$, $5t_1 + t_2$, $9t_1 + t_2 + t_3$, $15t_1 + 2t_2 + t_3$, $17t_1 + 2t_2 + t_3$, $23t_1 + 3t_2 + t_3$, $27t_1 + 3t_2 + 2t_3$, $29t_1 + 4t_2 + 2t_3$ четвертая производная угловой скорости исполнительного органа электропривода достигает максимального значения со знаком «минус» $-\omega_{\text{max}}^{(4)}$; в моменты времени $4t_1 + t_2$, $8t_1 + t_2 + t_3$, $12t_1 + 2t_2 + t_3$, $20t_1 + 3t_2 + t_3$, $24t_1 + 3t_2 + 2t_3$, $28t_1 + 4t_2 + 2t_3$ четвертая производная угловой скорости исполнительного органа электропривода достигает нулевого значения. В моменты времени $2t_1$, $14t_1 + 2t_2 + t_3$,

$22t_1 + 3t_2 + t_3$, $26t_1 + 3t_2 + 2t_3$ третья производная угловой скорости исполнительного органа электропривода достигает максимального значения $\omega_{\max}^{(3)}$; в моменты времени $6t_1 + t_2$, $10t_1 + t_2 + t_3$, $18t_1 + 2t_2 + t_3$, $30t_1 + 4t_2 + 2t_3$ третья производная угловой скорости исполнительного органа электропривода достигает максимального значения со знаком «минус» $-\omega_{\max}^{(3)}$; в моменты времени $4t_1 + t_2$, $8t_1 + t_2 + t_3$, $12t_1 + 2t_2 + t_3$, $20t_1 + 3t_2 + t_3$, $24t_1 + 3t_2 + 2t_3$, $28t_1 + 4t_2 + 2t_3$ третья производная угловой скорости исполнительного органа электропривода достигает нулевого значения. В моменты времени $4t_1 + t_2$, $28t_1 + 4t_2 + 2t_3$ вторая производная угловой скорости исполнительного органа электропривода достигает максимально допустимого значения $\omega_{\text{дон}}^{(2)}$; в моменты времени $12t_1 + 2t_2 + t_3$, $20t_1 + 3t_2 + t_3$ вторая производная угловой скорости исполнительного органа электропривода достигает максимально допустимого значения со знаком «минус» $-\omega_{\text{дон}}^{(2)}$; в моменты времени $8t_1 + t_2 + t_3$, $24t_1 + 3t_2 + 2t_3$ вторая производная угловой скорости исполнительного органа электропривода достигает нулевого значения. В моменты времени $8t_1 + t_2 + t_3$ первая производная угловой скорости исполнительного органа электропривода достигает максимально допустимого значения $\omega_{\text{дон}}^{(1)}$; в моменты времени $24t_1 + 3t_2 + 2t_3$ первая производная угловой скорости исполнительного органа электропривода достигает максимально допустимого значения со знаком «минус» $-\omega_{\text{дон}}^{(1)}$. В момент времени $17t_1 + 2t_2 + t_3$ угловая скорость исполнительного органа электропривода достигает максимального значения ω_{\max} . За время цикла $T_{\text{ц}} = 32t_1 + 4t_2 + 2t_3$ исполнительный орган электропривода перемещается от начального значения угла поворота $\varphi_{\text{нач}}$ до конечного значения угла поворота $\varphi_{\text{кон}}$.

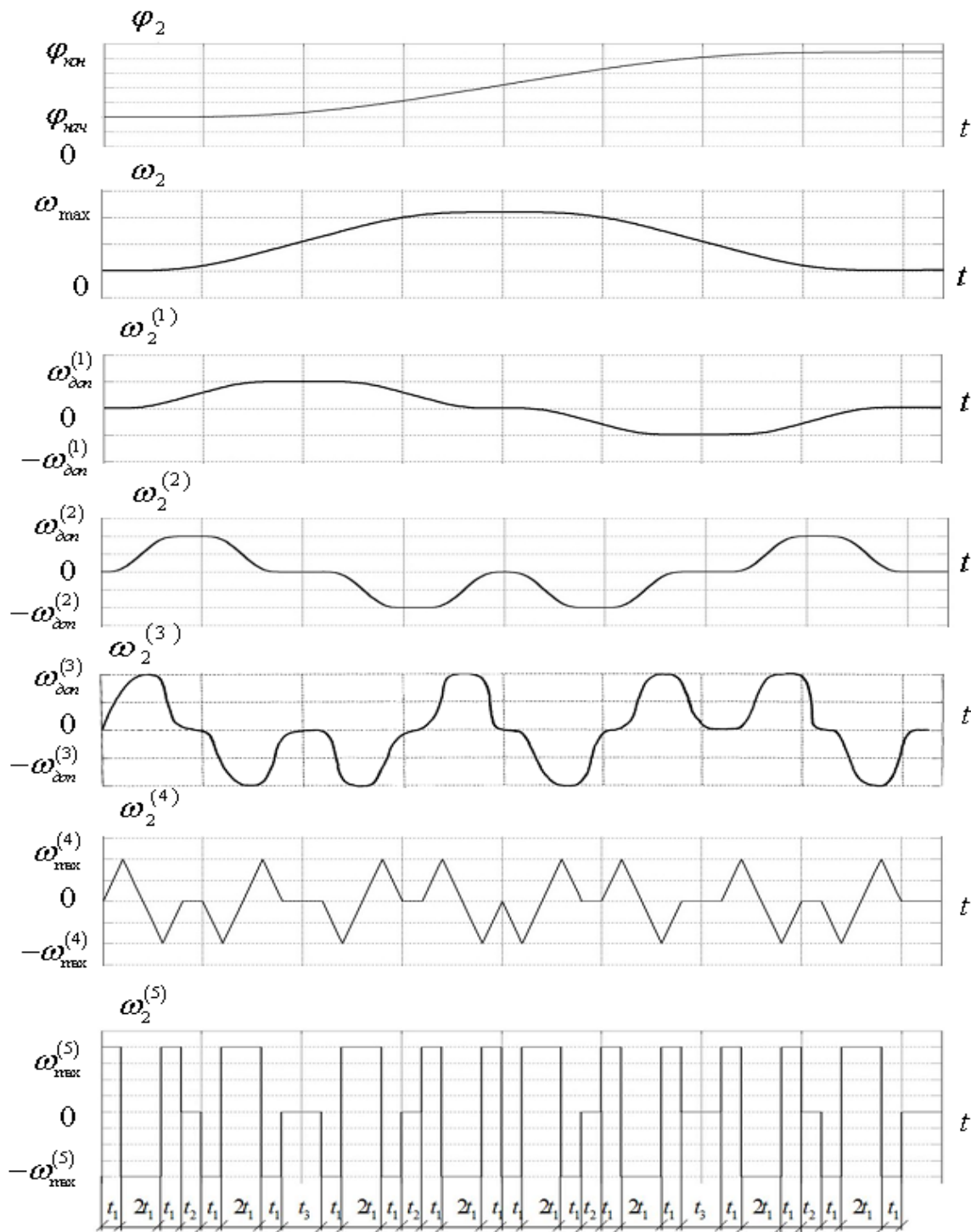


Рис. 1

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

$$t_1 = 3 \sqrt[3]{\frac{\omega_{\text{доп}}^{(2)}}{2\omega_{\text{доп}}^{(5)}}};$$

$$T_{\text{ц}} = 32 \cdot 3 \sqrt[3]{\frac{\omega_{\text{доп}}^{(2)}}{2\omega_{\text{доп}}^{(5)}}} + 4t_2 + 2t_3;$$

$$\omega_{\text{max}}^{(4)} = \omega_{\text{доп}}^{(5)} \cdot t_1;$$

$$\omega_{\text{max}}^{(3)} = \omega_{\text{доп}}^{(5)} \cdot t_1^2;$$

$$\omega_{\text{доп}}^{(2)} = 2\omega_{\text{доп}}^{(5)} \cdot t_1^3;$$

$$\omega_{\text{доп}}^{(1)} = \omega_{\text{доп}}^{(2)} \cdot (4t_1 + t_2);$$

$$\omega_{\text{max}} = \omega_{\text{доп}}^{(1)} (8t_1 + t_2 + t_3).$$

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

$$\varphi_{\text{гр.2}} \leq (\varphi_{\text{кон}} - \varphi_{\text{нач}}) \leq \varphi_{\text{гр.3}},$$

$$\text{где } \varphi_{\text{гр.3}} = \omega_{\text{доп}} \cdot \left[\frac{\omega_{\text{доп}}^{(1)}}{\omega_{\text{доп}}^{(1)}} + \frac{\omega_{\text{доп}}^{(1)}}{\omega_{\text{доп}}^{(2)}} + 4 \cdot 3 \sqrt[3]{\frac{\omega_{\text{доп}}^{(2)}}{2\omega_{\text{доп}}^{(5)}}} \right];$$

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

Координаты электропривода имели следующие ограничения:

$$\omega_{\text{доп}} = 160 \frac{\text{рад}}{\text{с}}; \quad \omega_{\text{доп}}^{(1)} = 80 \frac{\text{рад}}{\text{с}^2}; \quad \omega_{\text{доп}}^{(2)} = 160 \frac{\text{рад}}{\text{с}^3};$$

$$\omega_{\text{доп}}^{(5)} = 80000 \frac{\text{рад}}{\text{с}^6}. \text{ Электропривод отработал угол поворота исполнительного}$$

органа механизма $(\varphi_{\text{кон}} - \varphi_{\text{нач}}) = 176 \text{ рад}$ за время $T_{\text{ц}} = 4 \text{ с}$. Остальные

$$\text{параметры диаграммы: } t_1 = 0,1 \text{ с}; \quad t_2 = 0,1 \text{ с}; \quad t_3 = 0,2 \text{ с}; \quad \omega_{\text{max}}^{(4)} = 8000 \frac{\text{рад}}{\text{с}^5};$$

$\omega_{\max}^{(3)} = 800 \frac{\text{рад}}{\text{с}^4}$; $\omega_{\max} = 88 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$. Граничное значение угла поворота исполнительного органа механизма при таких ограничениях координат $\varphi_{\text{гр.2}} = 129,6 \text{ рад}$, $\varphi_{\text{гр.3}} = 464 \text{ рад}$.

При радиусе приведения $r = 0,025 \text{ м}$ это соответствует следующим линейным скоростям и перемещениям исполнительного органа механизма.

Ограничения координат электропривода: $V_{\text{доп}} = 4 \frac{\text{м}}{\text{с}}$; $V_{\text{доп}}^{(1)} = 2 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$; $V_{\text{доп}}^{(2)} = 4 \frac{\text{м}}{\text{с}^3}$;

$V_{\text{доп}}^{(5)} = 2000 \frac{\text{м}}{\text{с}^6}$. Электропривод отработал перемещение исполнительного

органа механизма $(S_{\text{кон}} - S_{\text{нач}}) = 4,4 \text{ м}$ за время $T_{\text{ц}} = 4 \text{ с}$. Остальные параметры

диаграммы: $t_1 = 0,1 \text{ с}$; $t_2 = 0,1 \text{ с}$; $t_3 = 0,2 \text{ с}$; $V_{\text{max}}^{(4)} = 200 \frac{\text{м}}{\text{с}^5}$; $V_{\text{max}}^{(3)} = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}^4}$;

$V_{\text{max}} = 2,2 \frac{\text{м}}{\text{с}}$. Граничное значение перемещения исполнительного органа

механизма при таких ограничениях координат $S_{\text{гр.2}} = 3,24 \text{ м}$; $S_{\text{гр.3}} = 11,6 \text{ м}$.

На рисунке 2 для электропривода, с указанными выше параметрами, представлена зависимость длительности цикла от угла поворота исполнительного органа механизма (пунктирной линией показана зависимость для малых и небольших перемещений, сплошной – для средних).

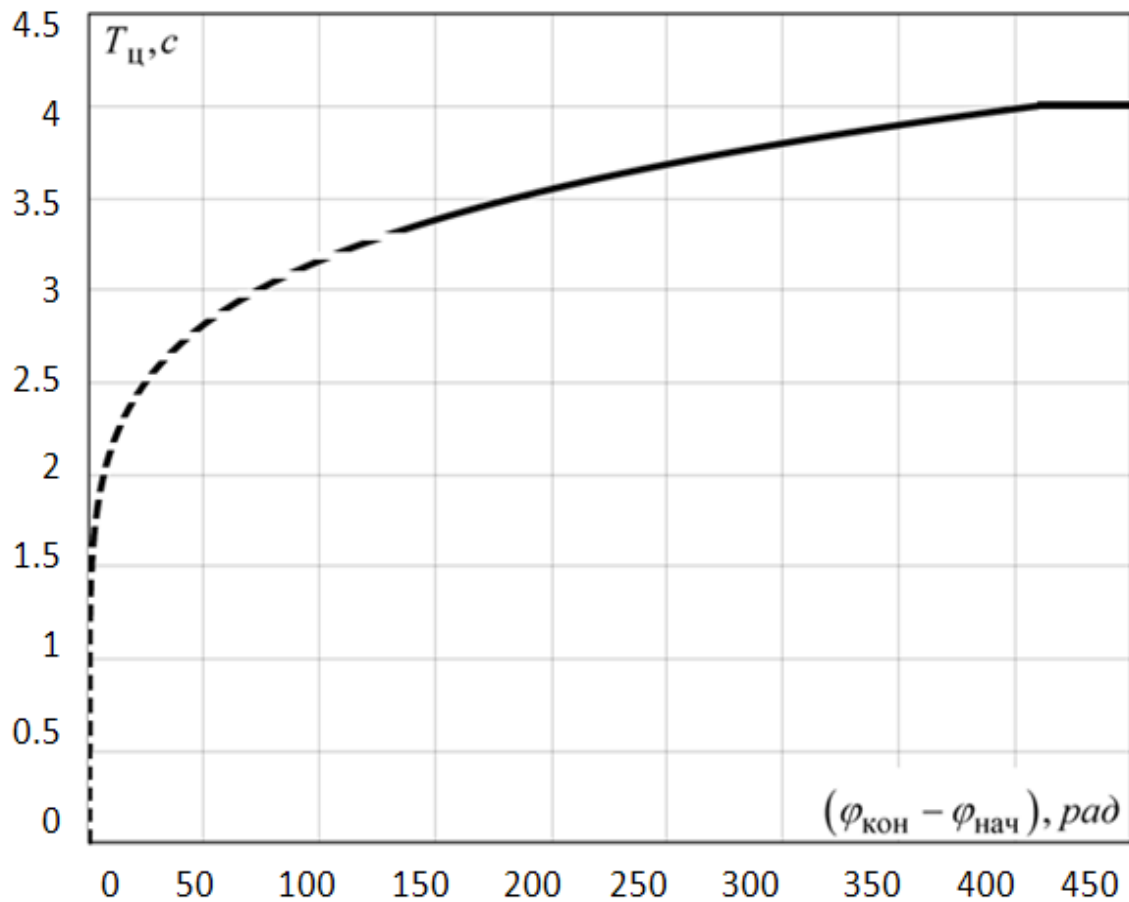


Рис. 2

ВЫВОДЫ

Разработана оптимальная по быстродействию диаграмма для средних перемещений исполнительного органа прецизионного электропривода переменного тока с упругим валопроводом. Определена её область существования.

При внедрении данных диаграмм для средних перемещений исполнительного органа прецизионного электропривода переменного тока с упругим валопроводом повысится точность воспроизведения исполнительным органом механизма заданной траектории движения.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Добробаба Ю.П., Левченко Д.К.** Разработка оптимальной по быстродействию диаграммы для средних перемещений исполнительного органа электропривода переменного тока с упругим валопроводом// Научный журнал КубГАУ №94(10), 2013. Ссылка на интернет-ресурс: <http://ej.kubagro.ru/2013/10/pdf/67.pdf>.

REFERENCES

1. Dobrobaba Yu.P., Levchenko D.K., *Scientific Journal KubGAU* №94(10), 2013. Link to online resource: <http://ej.kubagro.ru/2013/10/pdf/67.pdf>.

DEVELOPMENT OF OPTIMAL PERFORMANCE CHARTS FOR THE AVERAGE DISPLACEMENTS OF THE EXECUTIVE BODY PRECISION ELEKTROPROVIDNOGO CURRENT WITH ELASTIC SHAFTING

YU.P. DOBROBABA, I.B. KUZMINA

*Kuban State Technological University,
2, Moskovskayast., Krasnodar, Russian Federation, 350072;
e-mail: curious_girl_23@mail.ru*

In this article, the average speed of the actuator displacement diagrams of precision AS actuator with elastic shafting described. The parameters and conditions for the existence cycle length depending on the angle of rotation of the drive unit are determined.

Keywords: optimum speed of diagrams, electric drive actuator, small movement.