

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

Ю.П. ДОБРОБАБА, И.Б. КУЗЬМИНА

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

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

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

В статье [1] разработана оптимальная по быстродействию диаграмма для небольших перемещений исполнительного органа электропривода переменного тока с упругим валопроводом, без учета влияния электромагнитных постоянных времени ротора и статора. Использование математического обеспечения, предложенного в статье [1], для электропривода с упругим валопроводом приведет к возникновению ошибки при перемещении исполнительного органа. Это недопустимо в технологических процессах, где требуется не только точность позиционирования, но и строгое соблюдение заданной траектории перемещения исполнительного органа электропривода.

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

На рисунке 1 представлена оптимальная по быстродействию диаграмма для небольших перемещений исполнительного органа прецизионного электропривода переменного тока с упругим валопроводом, состоящая из двадцати шести этапов. На первом, третьем, шестом, восьмом, одиннадцатом,

тринадцатом, пятнадцатом, восемнадцатом, двадцатом, двадцать втором и двадцать пятом этапах пятая производная угловой скорости исполнительного органа электропривода равна максимально допустимому значению $\omega_{\text{доп}}^{(5)}$; на втором, пятом, седьмом, девятом, двенадцатом, четырнадцатом, шестнадцатом, девятнадцатом, двадцать первом, двадцать четвертом и двадцать шестом этапах пятая производная угловой скорости исполнительного органа электропривода равна максимально допустимому значению со знаком «минус» $-\omega_{\text{доп}}^{(5)}$; на четвертом, десятом, семнадцатом и двадцать третьем этапах пятая производная угловой скорости исполнительного органа электропривода равна нулю. Длительность первого, третьего, пятого, девятого, одиннадцатого, тринадцатого, четырнадцатого, шестнадцатого, восемнадцатого, двадцать второго, двадцать четвертого и двадцать шестого этапов равна t_1 ; длительность второго, шестого, седьмого, восьмого, двенадцатого, пятнадцатого, девятнадцатого, двадцатого, двадцать первого и двадцать пятого этапов равна $2t_1$; длительность четвертого, десятого, семнадцатого и двадцать третьего этапов равна t_2 . В моменты времени $t_1, 7t_1 + t_2, 11t_1 + t_2, 13t_1 + 2t_2, 19t_1 + 2t_2, 21t_1 + 3t_2, 25t_1 + 3t_2, 31t_1 + 4t_2$ четвертая производная угловой скорости исполнительного органа электропривода достигает максимального значения $\omega_{\text{max}}^{(4)}$; в моменты времени $3t_1, 5t_1 + t_2, 9t_1 + t_2, 15t_1 + 2t_2, 17t_1 + 2t_2, 23t_1 + 3t_2, 27t_1 + 3t_2, 29t_1 + 4t_2$ четвертая производная угловой скорости исполнительного органа электропривода достигает максимального значения со знаком «минус» $-\omega_{\text{max}}^{(4)}$; на четвертом, десятом, семнадцатом и двадцать третьем этапах четвертая производная угловой скорости исполнительного органа электропривода равна нулю. В моменты времени $2t_1, 14t_1 + 2t_2, 22t_1 + 3t_2, 26t_1 + 3t_2$ третья производная угловой скорости исполнительного органа электропривода достигает максимального значения $\omega_{\text{max}}^{(3)}$; в моменты времени $6t_1 + t_2, 10t_1 + t_2, 18t_1 + 2t_2, 30t_1 + 4t_2$ третья производная угловой скорости

исполнительного органа электропривода достигает максимального значения со знаком «минус» $-\omega_{\max}^{(3)}$; на четвертом, десятом, семнадцатом и двадцать третьем этапах третья производная угловой скорости исполнительного органа электропривода равна нулю. На четвертом и двадцать третьем этапах вторая производная угловой скорости исполнительного органа электропривода равна максимально допустимому значению $\omega_{\text{доп}}^{(2)}$; на десятом и семнадцатом этапах вторая производная угловой скорости исполнительного органа электропривода равна максимально допустимому значению со знаком «минус» $-\omega_{\text{доп}}^{(2)}$. В моменты времени $8t_1 + t_2$ первая производная угловой скорости исполнительного органа электропривода достигает максимального значения $\omega_{\max}^{(1)}$; в моменты времени $24t_1 + 3t_2$ первая производная угловой скорости исполнительного органа электропривода достигает максимального значения со знаком «минус» $-\omega_{\max}^{(1)}$. В момент времени $16t_1 + 2t_2$ угловая скорость исполнительного органа электропривода достигает максимального значения ω_{\max} . За время цикла $T_{\text{ц}} = 32t_1 + 4t_2$ исполнительный орган электропривода перемещается от начального значения угла поворота $\varphi_{\text{нач}}$ до конечного значения угла поворота $\varphi_{\text{кон}}$.

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

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

$$t_2^3 + 20t_1t_2^2 + 128t_1^2t_2 + 256t_1^3 - \frac{\varphi_{\text{кон}} - \varphi_{\text{нач}}}{2\omega_{\text{доп}}^{(2)}} = 0;$$

$$T_{\text{ц}} = 32 \cdot t_1 + 4t_2;$$

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

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

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

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

$$\omega_{\max} = \omega_{\text{доп}}^{(2)} (4t_1 + t_2) \cdot (8t_1 + t_2).$$

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

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

где
$$\varphi_{\text{гр.1}} = 256 \cdot \frac{[\omega_{\text{доп}}^{(2)}]^2}{\omega_{\text{доп}}^{(5)}};$$

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

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

Координаты электропривода имели следующие ограничения:

$$\omega_{\text{доп}} = 160 \frac{\text{рад}}{\text{с}}; \quad \omega_{\text{доп}}^{(1)} = 80 \frac{\text{рад}}{\text{с}^2}; \quad \omega_{\text{доп}}^{(2)} = 160 \frac{\text{рад}}{\text{с}^3}; \quad \omega_{\text{доп}}^{(5)} = 80000 \frac{\text{рад}}{\text{с}^6}.$$

Электропривод отработал угол поворота исполнительного органа механизма $(\varphi_{\text{кон}} - \varphi_{\text{нач}}) = 104,04 \text{ рад}$ за время $T_{\text{ц}} = 3,4 \text{ с}$. Остальные параметры диаграммы:

$$t_1 = 0,1 \text{ с}; \quad t_2 = 0,05 \text{ с}; \quad \omega_{\max}^{(4)} = 8000 \frac{\text{рад}}{\text{с}^5}; \quad \omega_{\max}^{(3)} = 800 \frac{\text{рад}}{\text{с}^4}; \quad \omega_{\max}^{(1)} = 72 \frac{\text{рад}}{\text{с}^2};$$

$\omega_{\max} = 61,2 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$. Граничное значение угла поворота исполнительного органа механизма при таких ограничениях координат $\varphi_{\text{гр.1}} = 81,92 \text{ рад}$, $\varphi_{\text{гр.2}} = 129,6 \text{ рад}$.

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 $(S_{\text{кон}} - S_{\text{нач}}) = 2,601\text{ м}$ за время $T_{\text{ц}} = 3,4\text{ с}$. Остальные

параметры диаграммы: $t_1 = 0,1\text{ с}$; $t_2 = 0,05\text{ с}$; $V_{\text{max}}^{(4)} = 200 \frac{\text{м}}{\text{с}^5}$; $V_{\text{max}}^{(3)} = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}^4}$;

$V_{\text{max}}^{(1)} = 1,8 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$; $V_{\text{max}} = 1,53 \frac{\text{м}}{\text{с}}$. Граничное значение перемещения исполнительного

органа механизма при таких ограничениях координат $S_{\text{гр.1}} = 2,048\text{ м}$;

$S_{\text{гр.2}} = 3,24\text{ м}$.

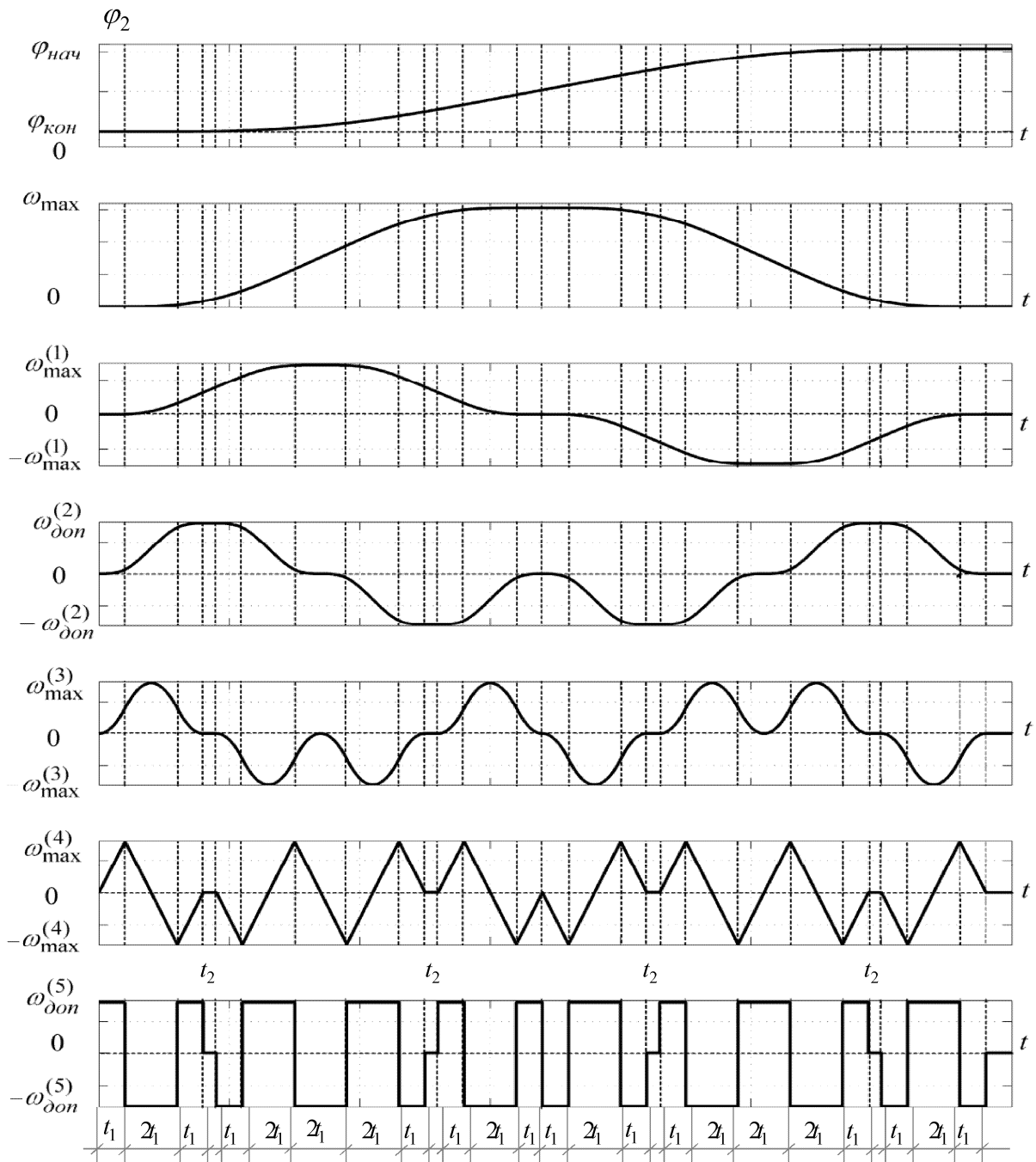


Рис. 1

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 перемещений, сплошной – для небольших).

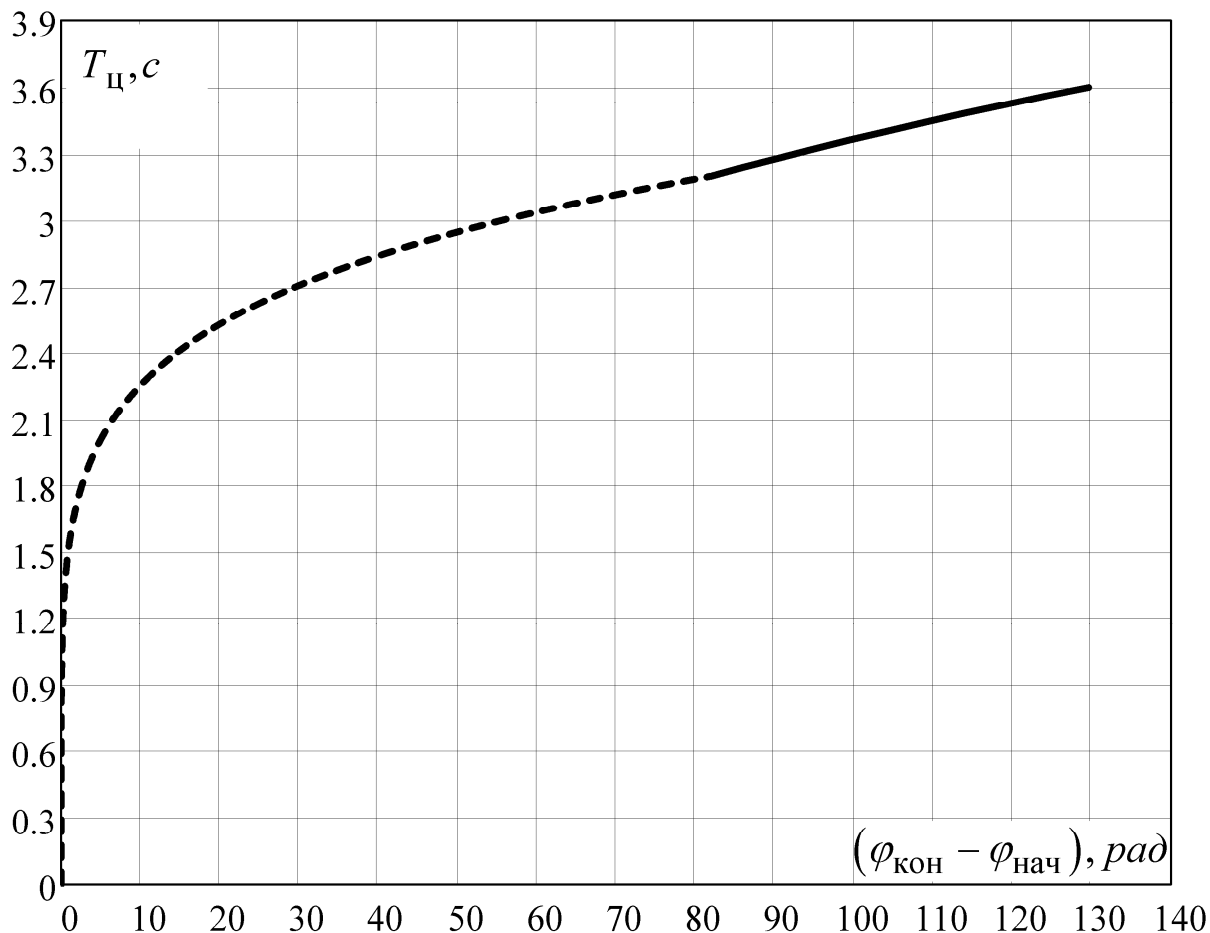


Рис. 2

Выводы

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

Внедрение предлагаемой разработки позволит формировать с повышенной точностью движение прецизионного электропривода переменного тока с упругим валопроводом..

ЛИТЕРАТУРА

1. Добробаба Ю.П., Левченко Д.К. Разработка оптимальной по быстродействию диаграммы для небольших перемещений исполнительного органа электропривода переменного тока с упругим валопроводом. – Научный журнал КубГАУ №93(09), 2013. Ссылка на интернет-ресурс: <http://ej.kubagro.ru/2013/09/pdf/73.pdf>.

REFERENCES

1. Dobrobaba Ju.P., Levchenko D.K. – Nauchnyj zhurnal KubGAU №93(09), 2013. Ssylka na internet-resurs: <http://ej.kubagro.ru/2013/09/pdf/73.pdf>.

DEVELOPMENT OF OPTIMAL PERFORMANCE CHARTS FOR SMALL DISPLACEMENTS OF THE EXECUTIVE BODY OF THE PRECISION OF AC MOTORS WITH ELASTIC SHAFTING

YU. P. DOBROBABA, I. B. KUZMINA

*Kuban State Technological University,
2, Moskovskaya st. Krasnodar, 350072; e-mail: curious_girl_23@mail.ru*

In this article optimum speed diagram of moving actuating device of precision 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.

keywords: optimum speed of diagrams, electric drive actuator, little movement.