62.83.52:62.503.56

ОПТИМАЛЬНАЯ ПО БЫСТРОДЕЙСТВИЮ ДИАГРАММА ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ИСПОЛНИТЕЛЬНОГО ОРГАНА ПРЕЦИЗИОННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА ПОСТОЯННОГО ТОКА С УПРУГИМ ВАЛОПРОВОДОМ С ОГРАНИЧЕНИЯМИ ПО СКОРОСТИ И ЕЕ ПЕРВОЙ И ПЯТОЙ ПРОИЗВОДНЫМ

–––––––

TIME-OPTIMAL DIAGRAM OF MOVEMENT OF EXECUTIVE BODY OF THE DIRECT CURRENT DRIVE WITH ELASTIC SHAFTING WITH CONSTRAINS OF THE FIRST AND FIFTH DERIVATIVES OF THE SPEED

Добробаба Юрий Петрович
профессор кафедры электроснабжения
промышленных предприятий,
Кубанский государственный
технологический университет

Кошкин Гордей Анатольевич
начальник цеха низковольтных комплектных устройств,
Кубанский государственный
технологический университет
Gordey_koshkin@yandex.ru

Громницкий Евгений Евгеньевич
студент,
Кубанский государственный
технологический университет
Johngrom686@yandex.ru

Аннотация. Создана оптимальная по быстродействию диаграмма перемещения исполнительного органа прецизионного электропривода постоянного тока с упругим валопроводом с ограничениями по скорости и ее первой и пятой производным. Для определения параметров оптимальной по быстродействию диаграммы перемещения исполнительного органа прецизионного электропривода постоянного тока с упругим валопроводом с ограничениями по скорости и ее первой и пятой производным разработан алгоритм. Установлена область существования оптимальной по быстродействию диаграммы перемещения исполнительного органа прецизионного электропривода постоянного тока с упругим валопроводом с ограничениями по скорости и ее первой и пятой производным. Приведены зависимости контролируемых координат прецизионного электропривода постоянного тока с упругим валопроводом от времени при отработке оптимальной по быстродействию диаграммы с ограничениями по скорости и ее первой и пятой производным скорости.

Ключевые слова: упругий валопровод,оптимальное по быстродействию перемещение исполнительного органа прецизионного электропривода, ограничение по скорости и ее первой и пятой производным.

Dobrobaba Yuriy Petrovich
Professor of department of power supply
industrial enterprises,
Kuban state technological university

Koshkin Gordey Anatolyevich
Foreman of low-voltage complete devices,
Kuban state technological university
Gordey_koshkin@yandex.ru

Gromnitskiy Evgeniy Evgenyevich
Student,
Kuban state technological university
Johngrom686@yandex.ru

Annotation. The time-optimal diagram of movement of executive body of the precision electric DC drive with the elastic shafting with constrains of the speed and its first and fifth derivatives is presented. The software to determine the parameters of the time-optimal diagram of movement of executive body of the precision electric DC drive with the elastic shafting with constrains of the speed and its first and fifth derivatives has been developed. For the time-optimal diagram of the movement of the executive body of the precision electric DC drive with the elastic shafting with constrains of the speed and its first and fifth derivatives the existence field has been determined. The dependences of the controlled coordinate precision DC drive with the elastic shafting in the process of running the optimal-time diagram with constrains of the speed and its first and fifth derivatives.

Keywords: elastic shafting, the time optimal diagram of movement of executive body of the electric drive, constrains of the speed and its first and fifth deriviates

На рисунке 1 изображена оптимальная по быстродействию диаграмма перемещения исполнительного органа прецизионного электропривода постоянного тока с упругим валопроводом с ограничениями по скорости и ее первой и пятой производным, состоящая из двадцати семи этапов. Длительность первого, третьего, четвертого, шестого, восьмого, десятого, одиннадцатого, тринадцатого, пятнадцатого, семнадцатого, восемнадцатого, двадцатого, двадцать второго, двадцать четвертого, двадцать пятого и двадцать седьмого этапов равна t_1; длительность второго, пятого, девятого, двенадцатого, шестнадцатого, девятнадцатого, двадцать третьего и двадцать шестого этапов равна $2t_1$; длительность седьмого и двадцать первого этапов равна t_2; длительность четырнадцатого этапа равна t_3. В момент t_1, $7t_1$, $(11t_1+t_2)$, $(13t_1+t_2)$, $(19t_1+t_2+t_3)$, $(21t_1+t_2+t_3)$, $(25t_1+2t_2+t_3)$

и $(31t_1+2t_2+t_3)$ четвертая производная угловой скорости исполнительного органа электропривода $\omega_2^{(4)}$ достигает максимального значения $\omega_{max}^{(4)}$; в моменты времени $3t_1$, $5t_1$, $(9t_1+t_2)$, $(15t_1+t_2)$, $(17t_1+t_2+t_3)$, $(23t_1+t_2+t_3)$, $(27t_1+2t_2+t_3)$ и $(29t_1+2t_2+t_3)$ четвертая производная угловой скорости исполнительного органа электропривода $\omega_2^{(4)}$ достигает максимального значения со знаком «минус» $-\omega_{max}^{(4)}$; на седьмом, четырнадцатом и двадцать первом этапах четвертая производная угловой скорости исполнительного органа электропривода $\omega_2^{(4)}$ равна нулю. В моменты времени $2t_1$, $(14t_1+t_2)$, $(22t_1+t_2+t_3)$ и $(26t_1+t_2+t_3)$ третья производная угловой скорости исполнительного органа электропривода $\omega_2^{(3)}$ достигает максимального значения $\omega_{max}^{(3)}$; в моменты времени $6t_1$, $(10t_1+t_2)$, $(18t_1+t_2+t_3)$ и $(30t_1+t_2+t_3)$ третья производная угловой скорости исполнительного органа электропривода $\omega_2^{(3)}$ достигает максимального значения со знаком «минус» $-\omega_{max}^{(3)}$; на седьмом, четырнадцатом и двадцать первом этапах третья производная угловой скорости исполнительного органа электропривода $\omega_2^{(3)}$ равна нулю. В момент времени $4t_1$ и $(28t_1+2t_2+t_3)$ вторая производная угловой скорости исполнительного органа электропривода $\omega_2^{(2)}$ достигает максимального значения $\omega_{max}^{(2)}$ в момент времени $(12t_1+t_2)$ и $(20t_1+t_2+t_3)$ вторая производная угловой скорости исполнительного органа электропривода $\omega_2^{(2)}$ достигает максимального значения со знаком «минус» $-\omega_{max}^{(2)}$; на седьмом, четырнадцатом и двадцать первом этапах вторая производная угловой скорости исполнительного органа электропривода $\omega_2^{(2)}$ равна нулю. На седьмом этапе первая производная угловой скорости исполнительного органа электропривода $\omega_2^{(1)}$ равна первому максимально допустимому значению $\omega_{доп.1}^{(1)}$; на четырнадцатом этапе первая производная угловой скорости исполнительного органа электропривода $\omega_2^{(1)}$ равна нулю; на двадцать первом этапе первая производная угловой скорости исполнительного органа электропривода $\omega_2^{(1)}$ равна первому максимально допустимому значению со знаком «минус» $-\omega_{доп.1}^{(1)}$. На четырнадцатом этапе угловая скорость исполнительного органа электропривода ω_2 равна максимально допустимому значению $\omega_{доп.}$. За время цикла $T_Ц=(32t_1+2t_2+t_3)$ угол поворота исполнительного органа прецизионного электропривода φ_2 увеличивается от начального значения угла поворота $\varphi_{нач}$ до конечного значения $\varphi_{кон}$.

Для оптимальной по быстродействию диаграммы перемещения исполнительного органа прецизионного электропривода постоянного тока с упругим валопроводом с ограничениями по скорости и ее первой и пятой производным справедливы соотношения:

$$\omega_{доп.1}^{(1)}=\frac{C_M I_{доп}-M_{co}}{J}; \tag{1}$$

$$t_1=\sqrt[4]{\frac{1}{8}\cdot\frac{\omega_{доп.1}^{(1)}}{\omega_{max}^{(5)}}}; \tag{2}$$

$$t_2=\frac{\omega_{доп}}{\omega_{доп.1}^{1}}-8\cdot\sqrt[4]{\frac{1}{8}\cdot\frac{\omega_{доп.1}^{(1)}}{\omega_{max}^{(5)}}}; \tag{3}$$

$$t_3=\frac{\varphi_{кон}-\varphi_{нач}}{\omega_{доп}}-\frac{\omega_{доп}}{\omega_{доп.1}^{1}}-8\cdot\sqrt[4]{\frac{1}{8}\cdot\frac{\omega_{доп.1}^{1}}{\omega_{max}^{(5)}}}; \tag{4}$$

$$T_Ц=\frac{\varphi_{кон}-\varphi_{нач}}{\omega_{доп}}+\frac{\omega_{доп}}{\omega_{доп.1}^{1}}+8\sqrt[4]{\frac{1}{8}\cdot\frac{\omega_{доп.1}^{(1)}}{\omega_{max}^{(5)}}}; \tag{5}$$

$$\omega_{max}^{(4)}=\frac{1}{2}\cdot\sqrt[6]{\frac{1}{6}\cdot(\varphi_{кон}-\varphi_{нач})\cdot\left[\omega_{max}^{(5)}\right]^5}; \tag{6}$$

$$\omega_{max}^{(3)} = \frac{1}{8} \cdot \sqrt[3]{\frac{1}{2} \cdot (\varphi_{кон} - \varphi_{нач}) \cdot \left[\omega_{max}^{(5)}\right]^2} \; ; \tag{7}$$

$$\omega_{max}^{(2)} = \frac{1}{16} \cdot \sqrt{(\varphi_{кон} - \varphi_{нач}) \cdot \omega_{max}^{(5)}} \; , \tag{8}$$

где $C_м$ − коэффициент пропорциональности между током якорной цепи электродвигателя и его моментом, $В \cdot с$; $I_{доп}$ – максимально допустимое значение тока якорной цепи, А; $M_{со}$ – момент сопротивления электропривода, $Н \cdot м$; J – момент инерции электропривода, кг . м^2.

Если длительность четырнадцатого этапа t_3 равна нулю, то угол поворота исполнительного органа электропривода $(\varphi_{кон} - \varphi_{нач})$ равен первому граничному значению $\varphi_{гр.2}$.

Область существования оптимальной по быстродействию диаграммы перемещения исполнительного органа прецизионного электропривода постоянного тока с упругим валопроводом с ограничениями по скорости и ее первой и пятой производным:

$$\varphi_{гр.2} \le (\varphi_{кон} - \varphi_{нач}), \tag{9}$$

где

$$\varphi_{гр.2} = \omega_{доп} \cdot \left[\frac{\omega_{доп}}{\omega_{доп.1}^{(1)}} + 8 \cdot \sqrt[4]{\frac{1}{8} \cdot \frac{\omega_{доп.1}^{(1)}}{\omega_{max}^{(5)}}} \right]. \tag{10}$$

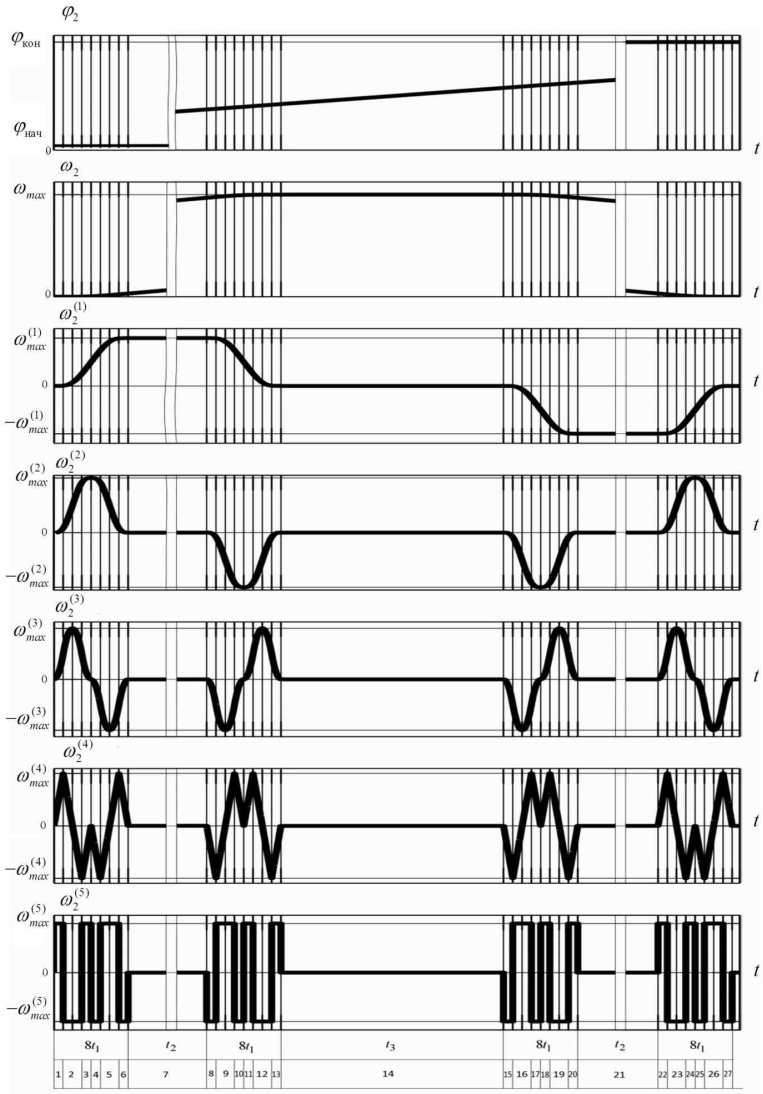

Рисунок 1 – Оптимальная по быстродействию диаграмма перемещения исполнительного органа прецизионного электропривода постоянного тока с ограничениями по скорости и ее первой и пятой производным

Выводы

Предлагается оптимальная по быстродействию диаграмма перемещения исполнительного органа прецизионного электропривода постоянного тока с упругим валопроводом с ограничениями по скорости и ее первой и пятой производным. Данная диаграмма состоит из двадцати семи этапов.

Найдена область существования оптимальной по быстродействию диаграммы перемещения исполнительного органа прецизионного электропривода постоянного тока с упругим валопроводом с ограничениями по скорости и ее первой и пятой производным.

Литература:

1. Добробаба Ю.П., Кошкин Г.А., Добробаба С.В. Шестнадцать видов рациональных диаграмм перемещения электроприводов с упругим валопроводом / материалы третьей межвузовой научной конференции «Электромеханические преобразователи электроэнергии». – Краснодар, 2004. – Т. 1. – С. 84–86.

References:

1. Dobrobab Yu.P., Koshkin G.A., Dobrobab S.V. Sixteen types of rational charts of movement of electric drives with the elastic shaft line / materials of the third mezhvuzovy scientific conference «Electromechanical Converters of the Electric Power». – Krasnodar, 2004. – T. 1. – Page 84–86.