УДК 62.83.52:62.503.56

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

–––––––

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. Разработана оптимальная по быстродействию диаграмма перемещения исполнительного органа прецизионного электропривода постоянного тока с упругим валопроводом с ограничениями по первой и пятой производной скорости. Представлен алгоритм для определения параметров оптимальной по быстродействию диаграммы перемещения исполнительного органа прецизионного электропривода постоянного тока с упругим валопроводом с ограничениями по первой и пятой производным скорости. Для оптимальной по быстродействию диаграммы перемещения исполнительного органа прецизионного электропривода постоянного тока с упругим валопроводом с ограничением пятой производной скорости найдена область существования. Определены зависимости контролируемых координат прецизионного электропривода постоянного тока с упругим валопроводом от времени при отработке оптимальной по быстродействию диаграммы с ограничениями по первой и пятой производным скорости.

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

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 first and fifth derivatives of the speed 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 first and fifth derivatives of the speed 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 first and fifth derivatives of the speed 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 first and fifth derivatives of the speed.

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

На рисунке 1 приведена оптимальная по быстродействию диаграмма перемещения исполнительного органа прецизионного электропривода постоянного тока с упругим валопроводом с ограничениями по первой и пятой производным скорости, состоящая из двадцати шести этапов. Длительность первого, третьего, четвертого, шестого, восьмого, десятого, одиннадцатого, тринадцатого, четырнадцатого, шестнадцатого, семнадцатого, девятнадцатого, двадцать первого, двадцать третьего, двадцать четвертого и двадцать шестого этапов равна t_1; длительность второго, пятого, девятого, двенадцатого, пятнадцатого, восемнадцатого, двадцать второго и двадцать пятого этапов равна $2t_1$; длительность седьмого и двадцатого этапов равна t_2. На первом, третьем, пятом, девятом, одиннадцатом, тринадцатом, пятнадцатом, семнадцатом, девятнадцатом, двадцать первом,

двадцать третьем и двадцать пятом этапах пятая производная угловой скорости исполнительного органа электропривода $\omega_2^{(5)}$ равна максимальному значению $\omega_{max}^{(5)}$; на втором, четвертом, шестом, восьмом, десятом, двенадцатом, четырнадцатом, шестнадцатом, восемнадцатом, двадцать втором, двадцать четвертом и двадцать шестом этапах пятая производная угловой скорости исполнительного органа электропривода $\omega_2^{(5)}$ равна максимальному значению со знаком «минус» $-\omega_{max}^{(5)}$; на седьмом и двадцатом этапах пятая производная угловой скорости исполнительного органа электропривода $\omega_2^{(5)}$ равна нулю. В моменты времени t_1, $7t_1$, $(11t_1+t_2)$, $(13t_1+t_2)$, $(19t_1+t_2)$, $(21t_1+t_2)$, $(25t_1+2t_2)$ и $(31t_1+2t_2)$ четвертая производная угловой скорости исполнительного органа электропривода $\omega_2^{(4)}$ достигает максимального значения $\omega_{max}^{(4)}$ в моменты времени $3t_1$, $5t_1$, $(9t_1+t_2)$, $(15t_1+t_2)$, $(17t_1+t_2)$, $(23t_1+t_2)$, $(27t_1+2t_2)$ и $(29t_1+2t_2)$ четвертая производная угловой скорости исполнительного органа электропривода $\omega_2^{(4)}$ достигает максимального значения со знаком «минус» $-\omega_{max}^{(4)}$; на седьмом и двадцатом этапах четвертая производная угловой скорости исполнительного органа электропривода $\omega_2^{(4)}$ равна нулю. В моменты времени $2t_1$, $(14t_1+t_2)$, $(22t_1+t_2)$ и $(26t_1+t_2)$ третья производная угловой скорости исполнительного органа электропривода $\omega_2^{(3)}$ достигает максимального значения $\omega_{max}^{(3)}$ в моменты времени $6t_1$, $(10t_1+t_2)$, $(18t_1+t_2)$ и $(30t_1+t_2)$ третья производная угловой скорости исполнительного органа электропривода $\omega_2^{(3)}$ достигает максимального значения со знаком «минус» $-\omega_{max}^{(3)}$ на седьмом и двадцатом этапах третья производная угловой скорости исполнительного органа электропривода $\omega_2^{(3)}$ равна нулю. В момент времени $4t_1$ и $(28t_1+2t_2)$ вторая производная угловой скорости исполнительного органа электропривода $\omega_2^{(2)}$ достигает максимального значения $\omega_{max}^{(2)}$ в момент времени $(12t_1+t_2)$ и $(20t_1+t_2)$ вторая производная угловой скорости исполнительного органа электропривода $\omega_2^{(2)}$ достигает максимального значения со знаком «минус» $-\omega_{max}^{(2)}$ на седьмом и двадцатом 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 двадцатом этапе первая производная угловой скорости исполнительного органа электропривода $\omega_2^{(1)}$ равна первому максимально допустимому значению со знаком «минус» $-\omega_{доп.1}^{(1)}$. В момент времени $(16t_1+t_2)$ угловая скорость исполнительного органа электропривода ω_2 достигает максимального значения ω_{max}. За время цикла $T_Ц=(32t_1+2t_2)$ 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 первой и пятой производным скорости справедливы следующие соотношения:

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

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

$$t_2=\sqrt{\frac{\varphi_{кон}-\varphi_{нач}}{\omega_{доп.1}^{(1)}}+16t_1^2-12t_1}\ ; \tag{3}$$

$$T_Ц=(32t_1+2t_2); \tag{4}$$

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

$$\omega_{max}^{(3)} = \frac{1}{8} \cdot \sqrt[3]{\frac{1}{2} \cdot (\varphi_{кон} - \varphi_{нач}) \cdot \left[\omega_{max}^{(5)}\right]^2} \; ; \tag{6}$$

$$\omega_{max}^{(2)} = \frac{1}{16} \cdot \sqrt{(\varphi_{кон} - \varphi_{нач}) \cdot \omega_{max}^{(5)}} \; ; \tag{7}$$

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

Если длительность седьмого и двадцатого этапов t_2 равна нулю, то угол поворота исполнительного органа электропривода $(\varphi_{кон} - \varphi_{нач})$ равен первому граничному значению $\varphi_{гр.1}$.

Если максимальное значение угловой скорости исполнительного органа электропривода ω_2 равно максимально допустимому значению $\omega_{доп}$, то угол поворота исполнительного органа электропривода $(\varphi_{кон} - \varphi_{нач})$ равен второму граничному значению $\varphi_{гр.2}$

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

$$\varphi_{гр.1} \le (\varphi_{кон} - \varphi_{нач}) \le \varphi_{гр.2} \, , \tag{8}$$

где

$$\varphi_{гр.1} = \omega_{доп.1}^{(1)} \cdot \sqrt{2048 \cdot \frac{\omega_{доп.1}^{(1)}}{\omega_{max}^{(5)}}} \; ; \tag{9}$$

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

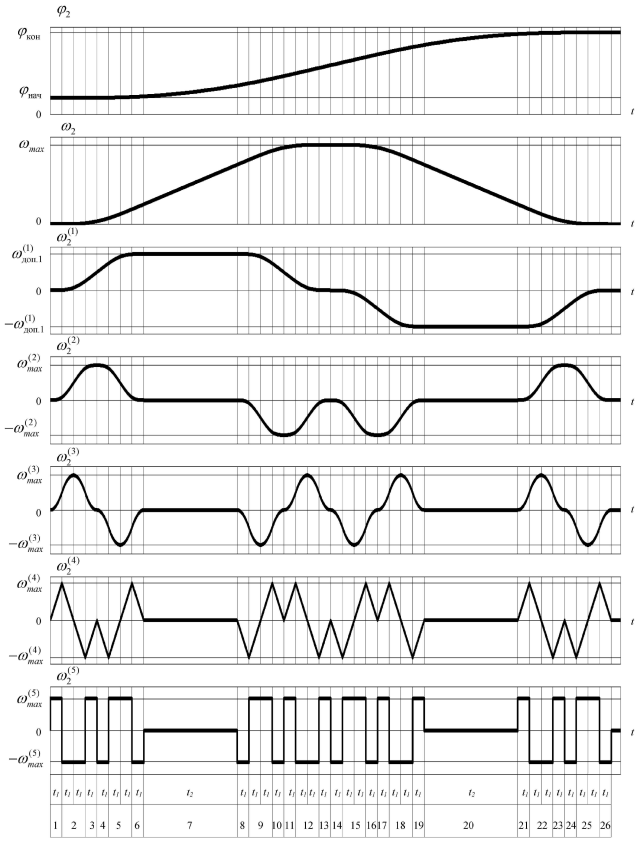

Рисунок 1 – Оптимальная по быстродействию диаграмма перемещения исполнительного органа прецизионного электропривода постоянного тока с ограничениями по первой и пятой производным скорости

Выводы

Разработана оптимальная по быстродействию диаграмма перемещения исполнительного органа прецизионного электропривода постоянного тока с упругим валопроводом с ограничениями по первой и пятой производным скорости, состоящая из двадцати шести этапов.

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

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, том 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.