

ОПТИМАЛЬНАЯ ПО БЫСТРОДЕЙСТВИЮ ДИАГРАММА ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ИСПОЛНИТЕЛЬНОГО ОРГАНА ЭЛЕКТРОПРИВОДА ПОСТОЯННОГО ТОКА С УПРУГИМ ВАЛОПРОВОДОМ С ОГРАНИЧЕНИЯМИ МАКСИМАЛЬНОГО ЗНАЧЕНИЯ ТОКА И ЧЕТВЁРТОЙ ПРОИЗВОДНОЙ СКОРОСТИ

Ю.П. ДОБРОБАБА, Г.А. КОШКИН, А.В. ЧЕРКАСОВ, Н.В. ЧУБ

*Кубанский государственный технологический университет,
350002, Российская Федерация, г. Краснодар, ул. Московская, 2;
электронная почта: natali.chub.95@mali.ru*

Разработана оптимальная по быстродействию диаграмма перемещения исполнительного органа электропривода постоянного тока с упругим валопроводом с ограничениями максимального значения тока и четвёртой производной скорости. Для определения параметров оптимальной по быстродействию диаграммы перемещения исполнительного органа электропривода постоянного тока с упругим валопроводом с ограничениями максимального значения тока и четвёртой производной скорости разработан алгоритм. Установлена область существования оптимальной по быстродействию диаграммы перемещения исполнительного органа электропривода постоянного тока с упругим валопроводом с ограничениями максимального значения тока и четвёртой производной скорости. По результатам численного эксперимента построены зависимости длительности цикла перемещения исполнительного органа электропривода от заданного перемещения (угла поворота) при различных значениях четвёртой производной скорости.

Ключевые слова: упругий валопровод, оптимальное по быстродействию перемещение исполнительного органа электропривода, ограничение по максимальному значению тока.

В работе [1] разработаны шестнадцать видов оптимальных по быстродействию диаграмм перемещения исполнительного органа электропривода с упругим валопроводом:

– первого вида, имеющая ограничение по четвёртой производной скорости исполнительного органа электропривода (перемещение осуществляется за 11 этапов);

– второго вида, имеющая ограничения по четвёртой и третьей производным скорости исполнительного органа электропривода (перемещение осуществляется за 19 этапов);

– третьего вида, имеющая ограничения по четвёртой, третьей и второй производным исполнительного органа электропривода (перемещение осуществляется за 27 этапов);

- четвёртого вида, имеющая ограничения по четвёртой, третьей, второй и первой производным исполнительного органа электропривода (перемещение осуществляется за 29 этапов);
- пятого вида, имеющая ограничения по скорости исполнительного органа электропривода и её четвёртой, третьей, второй и первой производным (перемещение осуществляется за 31 этап);
- шестого вида, имеющая ограничения по скорости исполнительного органа электропривода и её четвёртой, третьей и второй производным; (перемещение осуществляется за 29 этапов);
- седьмого вида, имеющая ограничения по четвёртой, третьей и первой производным скорости исполнительного органа электропривода; (перемещение осуществляется за 21 этап);
- восьмого вида, имеющая ограничения по скорости исполнительного органа электропривода и её четвёртой, третьей и первой производным; (перемещение осуществляется за 23 этапа);
- девятого вида, имеющая ограничения по скорости исполнительного органа электропривода и её четвёртой и третьей производным (перемещение осуществляется за 21 этап);
- десятого вида, имеющая ограничения по четвёртой и второй производным исполнительного органа электропривода (перемещение осуществляется за 19 этапов);
- одиннадцатого вида, имеющая ограничения по четвёртой, второй и первой производным исполнительного органа электропривода (перемещение осуществляется за 21 этап);
- двенадцатого вида, имеющая ограничения по скорости исполнительного органа электропривода и её четвёртой, второй и первой производным (перемещение осуществляется за 23 этапа);
- тринадцатого вида, имеющая ограничения по скорости исполнительного органа электропривода и её четвёртой и второй производным (перемещение осуществляется за 21 этап);

– четырнадцатого вида, имеющая ограничения по четвёртой и первой производным исполнительного органа электропривода (перемещение осуществляется за 13 этапов);

– пятнадцатого вида, имеющая ограничения по скорости исполнительного органа электропривода и её четвёртой и первой производным (перемещение осуществляется за 15 этапов);

– шестнадцатого вида, имеющая ограничения по скорости исполнительного органа электропривода и её четвёртой производной (перемещение осуществляется за 13 этапов).

Найдены параметры оптимальных по быстродействию диаграмм перемещения исполнительного органа электропривода с упругим валопроводом и определены условия, при выполнении которых существует каждая из шестнадцати оптимальных по быстродействию диаграмм перемещения исполнительного органа электропривода с упругим валопроводом [1].

Из шестнадцати оптимальных по быстродействию диаграмм перемещения исполнительного органа электропривода с упругим валопроводом сформированы восемь групп:

– первая группа, состоящая из диаграмм первого, второго, третьего, четвёртого и пятого видов;

– вторая группа, состоящая из диаграмм первого, второго, третьего и шестого видов;

– третья группа, состоящая из диаграмм первого, второго, седьмого и восьмого видов;

– четвёртая группа, состоящая из диаграмм первого, второго и девятого видов;

– пятая группа, состоящая из диаграмм первого, десятого, одиннадцатого и двенадцатого видов;

– шестая группа, состоящая из диаграмм первого, десятого и тринадцатого видов;

- седьмая группа, состоящая из диаграмм первого, четырнадцатого и пятнадцатого видов;

- восьмая группа, состоящая из диаграмм первого и шестнадцатого видов.

Достоинство рассматриваемых шестнадцати оптимальных по быстродействию диаграмм перемещения исполнительного органа электропривода – простота их реализации, так как для вычисления параметров диаграмм используются простые аналитические зависимости.

Это достоинство получено за счёт разработки шестнадцати оптимальных по быстродействию диаграмм перемещения исполнительного органа электропривода в симметричном исполнении. При реализации такого решения в диаграммах четвёртой, пятой, шестой, седьмой, восьмой, девятой, одиннадцатой, двенадцатой, тринадцатой, четырнадцатой, пятнадцатой и шестнадцатой не полностью используются возможности электропривода в достижении максимально возможной интенсивности при торможении.

Для устранения данного недостатка целесообразно использовать оптимальные по быстродействию диаграммы перемещения исполнительного органа электропривода в несимметричном исполнении. При этом в электроприводе постоянного тока с упругим валопроводом вместо ограничения по первой производной угловой скорости исполнительного органа электропривода необходимо использовать ограничения по току якорной цепи электропривода.

Предлагается для управления электроприводом постоянного тока с упругим валопроводом использовать оптимальную по быстродействию диаграмму перемещения исполнительного органа электропривода, имеющую ограничение четвёртой производной угловой скорости, и разработать группу оптимальных по быстродействию диаграмм перемещения исполнительного органа электропривода состоящую из трёх диаграмм [1]:

- с ограничениями максимального значения тока и четвёртой производной угловой скорости;

– с ограничениями максимального и минимального значений тока и четвёртой производной угловой скорости;

– с ограничениями максимального и минимального значения тока, скорости и её четвёртой производной.

Цель работы – создать оптимальную по быстродействию диаграмму перемещения исполнительного органа электропривода постоянного тока с упругим валопроводом с ограничениями максимального значения тока и четвёртой производной скорости.

На рисунке 1 представлена разработанная диаграмма, которая состоит из двенадцати этапов.

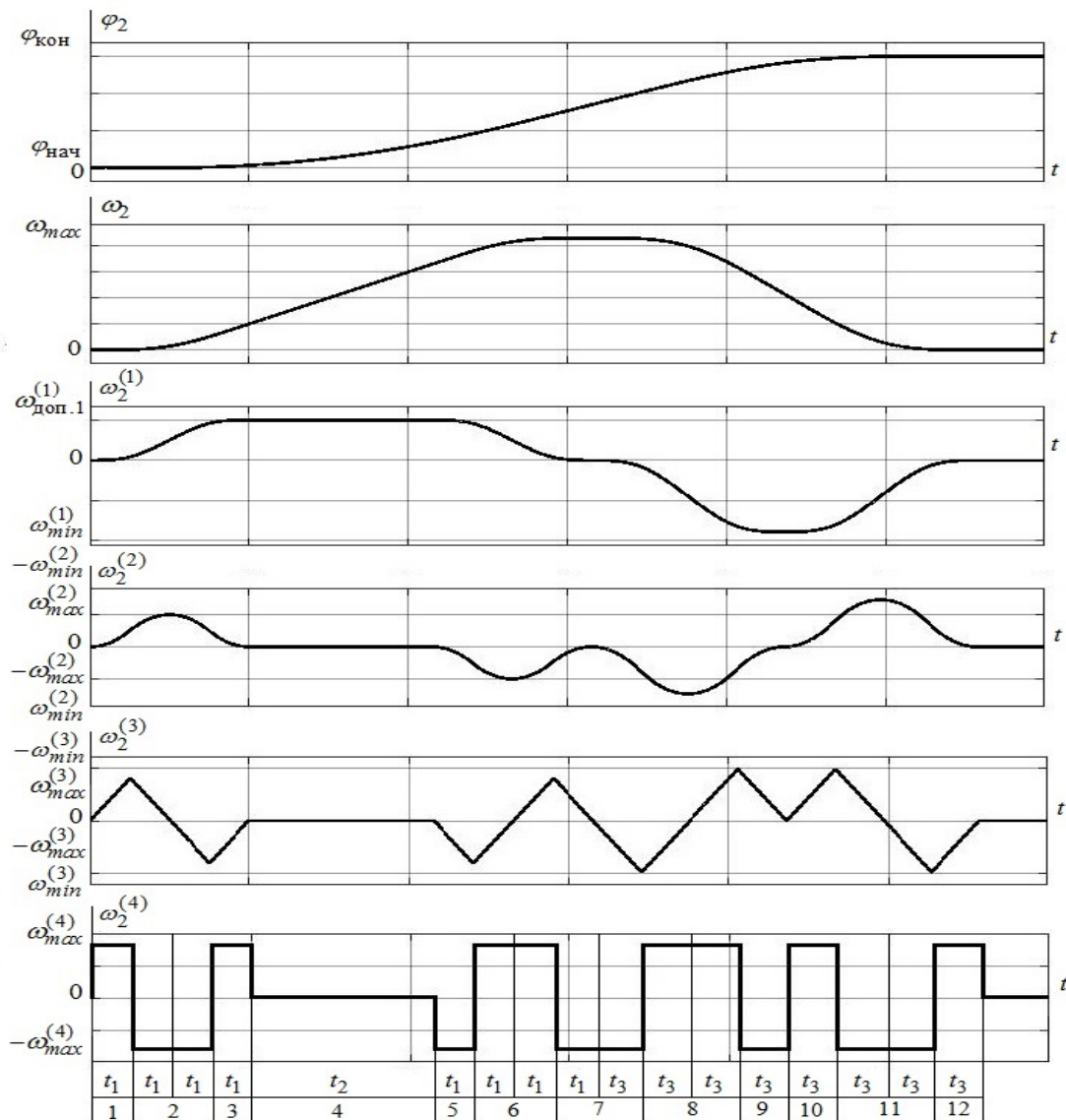


Рис.1

Длительность первого, третьего и пятого этапов равна t_1 ; длительность второго и шестого этапов равна $2t_1$; длительность четвёртого этапа равна t_2 ; длительность седьмого этапа равна $(t_1 + t_3)$; длительность восьмого и одиннадцатого этапов равна $2t_3$; длительность девятого, десятого и двенадцатого этапов равна t_3 . На первом, третьем, шестом, восьмом, десятом и двенадцатом этапах четвёртая производная угловой скорости исполнительного органа электропривода $\omega_2^{(4)}$ равна максимальному значению $\omega_{max}^{(4)}$; на втором, пятом, седьмом, девятом и одиннадцатом этапах четвёртая производная угловой скорости исполнительного органа электропривода $\omega_2^{(4)}$ равна максимальному значению со знаком «минус» $-\omega_{max}^{(4)}$; на четвёртом этапе четвёртая производная угловой скорости исполнительного органа электропривода $\omega_2^{(4)}$ равна нулю. В моменты времени t_1 и $(7t_1 + t_2)$ третья производная угловой скорости исполнительного органа электропривода $\omega_2^{(3)}$ достигает максимального значения $\omega_{max}^{(3)}$; в моменты времени $3t_1$ и $(5t_1 + t_2)$ третья производная угловой скорости исполнительного органа электропривода $\omega_2^{(3)}$ достигает максимального значения со знаком «минус» $-\omega_{max}^{(3)}$; в моменты времени $(8t_1 + t_2 + t_3)$ и $(8t_1 + t_2 + 7t_3)$ третья производная угловой скорости исполнительного органа электропривода $\omega_2^{(3)}$ достигает минимального значения $\omega_{min}^{(3)}$; в моменты времени $(8t_1 + t_2 + 3t_3)$ и $(8t_1 + t_2 + 5t_3)$ третья производная угловой скорости исполнительного органа электропривода $\omega_2^{(3)}$ достигает минимального значения со знаком «минус» $-\omega_{min}^{(3)}$; на четвертом этапе третья производная угловой скорости исполнительного органа электропривода $\omega_2^{(3)}$ равна нулю. В момент времени $2t_1$ вторая производная

угловой скорости исполнительного органа электропривода $\omega_2^{(2)}$ достигает максимального значения $\omega_{max}^{(2)}$; в момент времени $(6t_1 + t_2)$ вторая производная угловой скорости исполнительного органа электропривода $\omega_2^{(2)}$ достигает максимального значения со знаком «минус» $-\omega_{max}^{(2)}$; в момент времени $(8t_1 + t_2 + 2t_3)$ вторая производная угловой скорости исполнительного органа электропривода $\omega_2^{(2)}$ достигает минимального значения $\omega_{min}^{(2)}$; в момент времени $(8t_1 + t_2 + 6t_3)$ вторая производная угловой скорости исполнительного органа электропривода $\omega_2^{(2)}$ достигает минимального значения со знаком «минус» $-\omega_{min}^{(2)}$; на четвертом этапе вторая производная угловой скорости исполнительного органа электропривода $\omega_2^{(2)}$ равна нулю. На четвертом этапе первая производная угловой скорости исполнительного органа электропривода $\omega_2^{(1)}$ равна первому максимально допустимому значению $\omega_{доп.1}^{(1)}$ (ток якорной цепи электропривода $I_{я}$ равен максимально допустимому значению $I_{доп}$); в момент времени $(8t_1 + t_2 + 4t_3)$ первая производная угловой скорости исполнительного органа электропривода $\omega_2^{(1)}$ достигает минимального значения $\omega_{min}^{(1)}$; в момент времени $(8t_1 + t_2)$ угловая скорость исполнительного органа электропривода ω_2 достигает максимального значения ω_{max} . За время цикла $T_{ц} = (8t_1 + t_2 + 8t_3)$ угол поворота исполнительного органа электропривода увеличивается от начального значения угла поворота $\varphi_{нач}$ до конечного значения $\varphi_{кон}$.

Для разработанной диаграммы справедливы следующие соотношения:

$$\omega_{max}^{(3)} = \omega_{max}^{(4)} \cdot t_1; \quad (1)$$

$$\omega_{max}^{(2)} = \omega_{max}^{(3)} \cdot t_1 = \omega_{max}^{(4)} \cdot t_1^2; \quad (2)$$

$$\omega_{\text{доп.1}}^{(1)} = 2\omega_{\text{max}}^{(2)} \cdot t_1 = 2\omega_{\text{max}}^{(4)} \cdot t_1^3; \quad (3)$$

$$\omega_{\text{max}} = \omega_{\text{доп.1}}^{(1)} \cdot (4t_1 + t_2) = 2\omega_{\text{max}}^{(4)} \cdot t_1^3 \cdot (4t_1 + t_2); \quad (4)$$

$$\omega_{\text{min}}^{(3)} = -\omega_{\text{min}}^{(4)} \cdot t_3; \quad (5)$$

$$\omega_{\text{min}}^{(2)} = \omega_{\text{min}}^{(3)} \cdot t_3 = -\omega_{\text{max}}^{(4)} \cdot t_3^2; \quad (6)$$

$$\omega_{\text{min}}^{(1)} = 2\omega_{\text{min}}^{(2)} \cdot t_3 = -2\omega_{\text{max}}^{(4)} \cdot t_3^3; \quad (7)$$

$$\omega_{\text{max}} = -4\omega_{\text{min}}^{(1)} \cdot t_3 = 8\omega_{\text{max}}^{(4)} \cdot t_3^4; \quad (8)$$

$$\varphi_{\text{кон}} = \varphi_{\text{нач}} + \omega_{\text{max}} \cdot (4t_1 + \frac{1}{2}t_2 + 4t_3); \quad (9)$$

$$T_{\text{ц}} = 8t_1 + t_2 + 8t_3; \quad (10)$$

$$C_{\text{м}}I_{\text{доп}} = M_{\text{со}} + J\omega_{\text{доп.1}}^{(1)}; \quad (11)$$

$$-C_{\text{м}}I_{\text{доп}} = M_{\text{со}} - J\omega_{\text{доп.2}}^{(1)}, \quad (12)$$

где $C_{\text{м}}$ – коэффициент пропорциональности между током якорной цепи электродвигателя и его моментом, В·с;

$M_{\text{со}}$ – момент сопротивления электропривода, Н·м;

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

Из зависимостей (11) и (12) следует, что

$$\omega_{\text{доп.1}}^{(1)} = \frac{C_{\text{м}}I_{\text{доп}} - M_{\text{со}}}{J}; \quad (13)$$

$$\omega_{\text{доп.2}}^{(1)} = \frac{C_{\text{м}}I_{\text{доп}} + M_{\text{со}}}{J}. \quad (14)$$

Из зависимости (3) следует, что

$$t_1 = 3 \sqrt[3]{\frac{1}{2} \frac{\omega_{\text{доп.1}}^{(1)}}{\omega_{\text{max}}^{(4)}}}. \quad (15)$$

Из зависимостей (4), (8) и (9) следует, что

$$t_3^8 + 2t_1^3 t_3^5 + t_1^4 t_3^4 - \frac{\varphi_{\text{кон}} - \varphi_{\text{нач}}}{16\omega_{\text{max}}^{(4)}} \cdot t_1^3 = 0; \quad (16)$$

$$t_2 = 4 \cdot \frac{t_3^4}{t_1^3} - 4t_1. \quad (17)$$

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

Если минимальное значение первой производной угловой скорости исполнительного органа электропривода $\omega_2^{(1)}$ равно второму максимально допустимому значению первой производной угловой скорости исполнительного органа электропривода, взятому со знаком «минус», $-\omega_{\text{доп.2}}^{(1)}$ (при этом ток якорной цепи электропривода равен максимально допустимому значению, взятому со знаком «минус» $-I_{\text{доп}}$), то угол поворота исполнительного органа электропривода $(\varphi_{\text{кон}} - \varphi_{\text{нач}})$ равен второму граничному значению $\varphi_{\text{гр.2}}$.

Область существования оптимальной по быстродействию диаграммы перемещения исполнительного органа электропривода постоянного тока с упругим валопроводом с ограничениями максимального значения тока и четвёртой производной скорости:

$$\varphi_{\text{гр.1}} \leq (\varphi_{\text{кон}} - \varphi_{\text{нач}}) \leq \varphi_{\text{гр.2}}, \quad (18)$$

где

$$\varphi_{\text{гр.1}} = 16\omega_{\text{доп.1}}^{(1)} \cdot 3 \sqrt[3]{2 \left[\frac{\omega_{\text{доп.1}}^{(1)}}{\omega_{\text{max}}^{(4)}} \right]^2};$$

$$\varphi_{гр.2} = 8\omega_{доп.2}^{(1)} \cdot \sqrt[3]{\frac{1}{2} \cdot \frac{\omega_{доп.2}^{(1)}}{\omega_{max}^{(4)}}} \times$$

$$\times \left[\sqrt[3]{\frac{1}{2} \cdot \frac{\omega_{доп.1}^{(1)}}{\omega_{max}^{(4)}}} + \frac{\omega_{доп.2}^{(1)}}{\omega_{доп.1}^{(1)}} \cdot \sqrt[3]{\frac{1}{2} \cdot \frac{\omega_{доп.2}^{(1)}}{\omega_{max}^{(4)}}} + 2 \cdot \sqrt[3]{\frac{1}{2} \cdot \frac{\omega_{доп.2}^{(1)}}{\omega_{max}^{(4)}}} \right].$$

С целью определения зависимости длительности цикла перемещения исполнительного органа электропривода $T_{ц}$ от заданного перемещения (угла поворота) $(\varphi_{кон} - \varphi_{нач})$ при различных максимальных значениях четвёртой производной угловой скорости исполнительного органа электропривода $\omega_{max}^{(4)}$.

проведен численный эксперимент.

В работе рассматривается электропривод, имеющий следующие параметры:

$$C_e = 1,25 \frac{В \cdot с}{рад}; \quad C_M = 1,25 В \cdot с; \quad R_{я} = 5 \text{ Ом}; \quad L_{я} = 0,1 \text{ Гн}; \quad J = 0,05 \text{ кг} \cdot \text{м}^2,$$

где C_e – коэффициент пропорциональности между угловой скоростью электродвигателя и его ЭДС;

$L_{я}$ – индуктивность якорной цепи электродвигателя.

На координаты электропривода накладываются ограничения: по максимально допустимому значению напряжения $U_{доп} = 250 В$; по

максимально допустимому значению тока $I_{доп} = 8 А$; по максимально

допустимому значению угловой скорости $\omega_{доп} = 160 \frac{рад}{с}$.

Момент сопротивления электропривода постоянного тока с упругим валопроводом равняется $M_{со} = 5 Н \cdot м$.

Определим максимально допустимые значения первой производной угловой скорости исполнительного органа электропривода:

$$\omega_{доп.1}^{(1)} = \frac{1,25 \cdot 8 - 5}{0,05} = 100 \frac{рад}{с^2};$$

$$\omega_{\text{доп.2}}^{(1)} = \frac{1,25 \cdot 8 + 5}{0,05} = 300 \frac{\text{рад}}{\text{с}^2}.$$

Первая серия численного эксперимента. Четвертая производная угловой скорости исполнительного органа электропривода равняется

$$\omega_{\text{max}}^{(4)} = 3200000 \frac{\text{рад}}{\text{с}^5}.$$

$$\varphi_{\text{Гр.1}} = 16 \cdot 100 \cdot \sqrt[3]{2 \cdot \left[\frac{100}{3200000} \right]^2} = 2 \text{ рад};$$

$$\begin{aligned} \varphi_{\text{Гр.2}} &= 8 \cdot 300 \cdot \sqrt[3]{\frac{1}{2} \cdot \frac{300}{3200000}} \times \\ &\times \left[\sqrt[3]{\frac{1}{2} \cdot \left[\frac{100}{3200000} \right]} + \frac{300}{100} \cdot \sqrt[3]{\frac{1}{2} \cdot \frac{300}{3200000}} + 2 \cdot \sqrt[3]{\frac{1}{2} \cdot \frac{300}{3200000}} \right] = \\ &= \frac{3}{2} \cdot \sqrt[3]{3} \cdot (5 \cdot \sqrt[3]{3} + 1) \approx 17,764 \text{ рад}. \end{aligned}$$

В таблице 1 приведены результаты первой серии численного эксперимента.

Таблица 1

$\Delta\varphi, \text{рад}$	$t_2, \text{с}$	$t_3, \text{с}$	$T_{\text{ц}}, \text{с}$	$\omega_{\text{max}}, \frac{\text{рад}}{\text{с}}$	$\omega_{\text{min}}^{(3)}, \frac{\text{рад}}{\text{с}^4}$	$\omega_{\text{min}}^{(2)}, \frac{\text{рад}}{\text{с}^3}$	$\omega_{\text{min}}^{(1)}, \frac{\text{рад}}{\text{с}^2}$
2	0	0,025	0,4	10	-80000	-2000	-100
4	0,0634	0,02827	0,4895	16,3417	-90451	-2556,7	-144,53
6	0,1152	0,03028	0,5575	21,5247	-96900	-2934,3	-177,71
8	0,1604	0,03176	0,6145	26,0393	-101624	-3227,3	-204,99
10	0,201	0,03293	0,6644	30,1005	-105374	-3469,9	-228,52
12	0,2383	0,0339	0,7095	33,8266	-108493	-3678,4	-249,43
14	0,2729	0,03474	0,7508	37,2914	-111171	-3862,2	-268,35
16	0,3054	0,03548	0,7892	40,5448	-113520	-4027,2	-285,73
17,764	0,3326	0,03606	0,8211	43,2675	-115379	-4160,2	-300

При этом остальные параметры диаграмм перемещения исполнительного органа электропривода постоянного тока с упругим валопроводом имели

постоянные значения: $t_1 = 0,025 \text{ с}$; $\omega_{max}^{(3)} = 80000 \frac{\text{рад}}{\text{с}^4}$; $\omega_{max}^{(2)} = 2000 \frac{\text{рад}}{\text{с}^3}$.

Вторая серия численного эксперимента. Четвёртая производная угловой скорости исполнительного органа электропривода равняется

$$\omega_{max}^{(4)} = 400000 \frac{\text{рад}}{\text{с}^5}.$$

$$\varphi_{Гр.1} = 16 \cdot 100 \cdot \sqrt[3]{2 \cdot \left[\frac{100}{400000} \right]^2} = 8 \text{ рад};$$

$$\begin{aligned} \varphi_{Гр.2} &= 8 \cdot 300 \cdot \sqrt[3]{\frac{1}{2} \cdot \frac{300}{400000}} \cdot \left[\sqrt[3]{\frac{1}{2} \cdot \left[\frac{100}{400000} \right]} + \frac{300}{100} \cdot \sqrt[3]{\frac{1}{2} \cdot \frac{300}{400000}} + 2 \cdot \sqrt[3]{\frac{1}{2} \cdot \frac{300}{400000}} \right] = \\ &= 6 \cdot \sqrt[3]{3} \cdot (5 \cdot \sqrt[3]{3} + 1) \approx 71,056 \text{ рад}. \end{aligned}$$

В таблице 2 приведены результаты второй серии численного эксперимента.

Таблица 2

$\Delta\varphi, \text{рад}$	$t_2, \text{с}$	$t_3, \text{с}$	$T_{ц}, \text{с}$	$\omega_{max}, \frac{\text{рад}}{\text{с}}$	$\omega_{min}^{(3)}, \frac{\text{рад}}{\text{с}^4}$	$\omega_{min}^{(2)}, \frac{\text{рад}}{\text{с}^3}$	$\omega_{min}^{(1)}, \frac{\text{рад}}{\text{с}^2}$
8	0	0,050	0,8	20	-20000	-1000	-100
10	0,0349	0,052	0,8513	23,4923	-20821	-1083,8	-112,83
12	0,0674	0,054	0,8975	26,7402	-21506	-1156,3	-124,34
14	0,0979	0,055	0,9398	29,7926	-22095	-1220,5	-134,84
16	0,1268	0,057	0,9791	32,6834	-22613	-1278,4	-144,54
18	0,1544	0,058	1,0159	35,4375	-23075	-1331,1	-153,58
20	0,1807	0,059	1,0506	38,0739	-23493	-1379,7	-162,07
25	0,2424	0,061	1,1302	44,2395	-24391	-1487,3	-181,38
30	0,2992	0,063	1,202	49,9187	-25138	-1579,9	-198,58
35	0,3522	0,064	1,2678	55,2155	-25780	-1661,6	-214,18
40	0,4020	0,066	1,3289	60,2011	-26344	-1734,9	-228,52

Окончание таблицы 2

45	0,4493	0,067	1,3862	64,9265	-26846	-1801,8	-241,85
50	0,4943	0,068	1,4403	69,4301	-27300	-1863,2	-254,33
55	0,5374	0,069	1,4917	73,7415	-27714	-1920,2	-266,08
60	0,5788	0,070	1,5407	77,8842	-28095	-1973,4	-277,21
65	0,6188	0,071	1,5877	81,8771	-28449	-2023,3	-287,81
70	0,6574	0,072	1,6329	85,7359	-28778	-2070,5	-297,92
71,056	0,6654	0,072	1,6423	86,535	-28845	-2080,1	-300

При этом остальные параметры диаграмм перемещения исполнительного органа электропривода постоянного тока с упругим валопроводом имели

постоянные значения: $t_1 = 0,05c$; $\omega_{max}^{(3)} = 20000 \frac{pad}{c^4}$; $\omega_{max}^{(2)} = 1000 \frac{pad}{c^3}$.

Представленная на рисунке 1 диаграмма имеет следующие параметры:

$$(\varphi_{кон} - \varphi_{нач}) = 6 \text{ рад}; T_{ц} = 0,5575c; t_1 = 0,025c; t_2 = 0,1152c; t_3 = 0,03028c;$$

$$\omega_{max}^{(4)} = 3200000 \frac{pad}{c}; \omega_{max}^{(3)} = 80000 \frac{pad}{c^4}; \omega_{max}^{(2)} = 2000 \frac{pad}{c^3}; \omega_{доп.1}^{(1)} = 100 \frac{pad}{c^2};$$

$$\omega_{max} = 21,5247 \frac{pad}{c}; \omega_{min}^{(3)} = -96900 \frac{pad}{c^4}; \omega_{min}^{(2)} = -2934,3 \frac{pad}{c^3};$$

$$\omega_{min}^{(1)} = -177,71 \frac{pad}{c^2}.$$

На рисунке 2 на основании результатов проведённого численного эксперимента построены зависимости длительности цикла перемещения исполнительного органа электропривода $T_{ц}$ от заданного перемещения (угла поворота) $(\varphi_{кон} - \varphi_{нач})$ при различных максимальных значениях четвёртой производной угловой скорости исполнительного органа электропривода $\omega_{max}^{(4)}$.

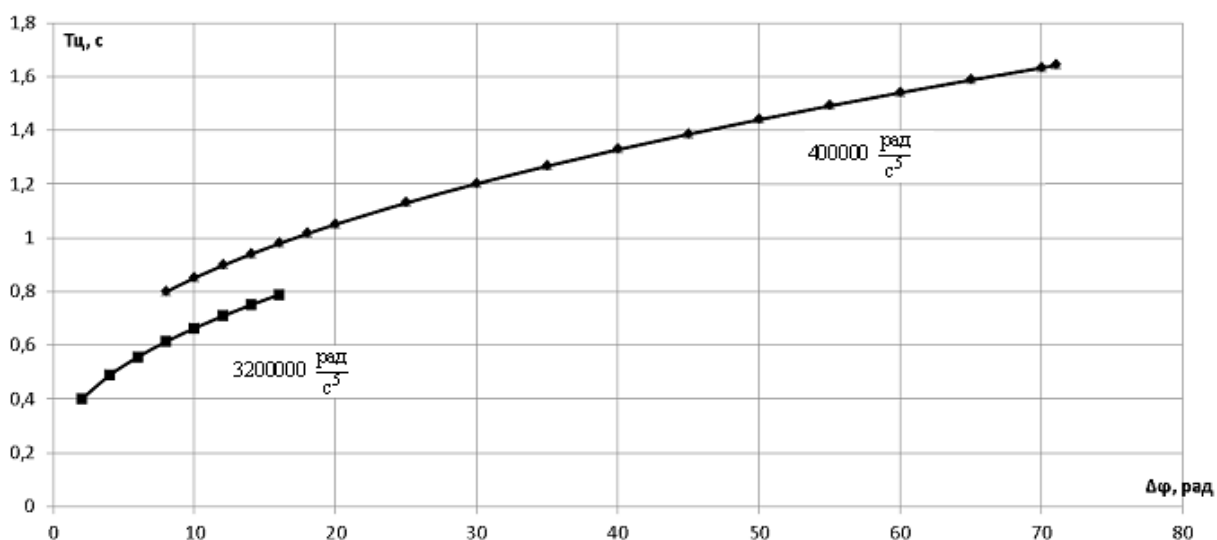


Рисунок 2 – Графики зависимости длительности цикла перемещения исполнительного органа электропривода $T_{ц}$ от заданного перемещения (угла поворота) $(\varphi_{кон} - \varphi_{нач})$ при различных максимальных значениях четвертой производной угловой скорости исполнительного органа электропривода $\omega_{max}^{(4)}$.

Выводы

Предложена оптимальная по быстродействию диаграмма перемещения исполнительного органа электропривода постоянного тока с упругим валопроводом с ограничениями максимального значения тока и четвертой производной скорости, состоящая из двенадцати этапов.

Применительно к разработанной диаграмме:

- разработано математическое обеспечение для определения параметров;
- установлена область существования;
- построены зависимости координат электропривода от времени при его перемещении в соответствии с диаграммой.

ЛИТЕРАТУРА

1. Добробаба Ю.П., Кошкин Г.А., Добробаба С.В. Шестнадцать видов рациональных диаграмм перемещения электроприводов с упругим валопроводом. Материалы третьей межвузовской научной конференции

«Электромеханические преобразователи электроэнергии», Краснодар. 2004, том 1, с. 84–86.

REFERENCES

1. Dobrobaba YU.P., Koshkin G.A., Dobrobaba S.V. Shestnadsat vidov ratsionalnih diagramm peremesheniya elektroprividov s uprugim valoprovodom. Materiali tretey mejvuzovskoy nauchnoy konferentsii “Elektromehaniicheskie preobrazovateli elektroenergii”, Krasnodar. 2004, tom 1, s. 84–86.

TIME-OPTIMAL DIAGRAM OF MOVEMENT OF EXECUTIVE BODY OF THE DIRECT CURRENT MOTOR WITH ELASTIC SHAFTING WITH CONSTRAINS OF MAXIMUM CURRENT AND THE FOURTH DERIVATIVE OF THE SPEED

YU.P. DOBROBABA, G.A. KOSHKIN, A.V. CHERKASOV, N.V. CHUB

*Kuban State Technological University,
2, Moskovskaya st., Krasnodar, Russian Federation, 350002;
e-mail: natali.chub.95@mali.ru*

Designed time-optimal diagram of movement of executive body of the DC drive with elastic shafting with constrains of maximum current and the fourth derivative of the speed. To determine the parameters of the time-optimal diagram of movement of executive body of the DC drive with elastic shafting with constrains of maximum current and the fourth derivative of the speed of the algorithm. Set the region of existence of the time-optimal diagram of movement of executive body of the DC drive with elastic shafting with constrains of maximum current and the fourth derivative of the speed. According to the results of the numeral experiment the dependences of the duration of the cycle of movement of executive body of the drive from prescribed displacement (rotation angle) for different values of the forth derivative of the speed.

Key words: elastic shafting, optimal performance movement of executive body of electric drive, constrain of maximum current.