

УДК 62

**ОПТИМАЛЬНЫЕ ПО БЫСТРОДЕЙСТВИЮ ДИАГРАММЫ ИЗМЕНЕНИЯ
УГЛОВОЙ СКОРОСТИ ИСПОЛНИТЕЛЬНОГО ОРГАНА МЕХАНИЗМА
ДВУХДВИГАТЕЛЬНОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА ПОСТОЯННОГО ТОКА
С УПРУГИМИ ВАЛОПРОВОДАМИ**



**OPTIMAL IN TERMS OF SPEED CHANGE DIAGRAMS
OF THE ANGULAR VELOCITY OF THE ACTUATOR
OF TWO-MOTOR DC ELECTRIC DRIVE
WITH ELASTIC SHAFTS**

Добробаба Юрий Петрович

кандидат технических наук, доцент,
доцент кафедры электроснабжения
промышленных предприятий,
Кубанский государственный технологический университет

Чупышев Михаил Алексеевич

студент,
Кубанский государственный технологический университет
artlucenk@yandex.ru

Аннотация. Разработана группа оптимальных по быстродействию диаграммы изменения угловой скорости исполнительного органа механизма двухдвигательного электропривода постоянного тока с упругими валопроводами при малых и больших изменениях угловой скорости механизма. Определены области существования для каждой оптимальной по быстродействию диаграммы изменения угловой скорости исполнительного органа механизма.

Ключевые слова: двухдвигательный электропривод, оптимальная по быстродействию диаграмма, упругий валопровод.

Dobrobaba Yury Petrovich

Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor,
Associate Professor of Department
of Power Supply Industrial Enterprises,
Kuban State Technological University

Chupyshev Mikhail Alekseevich

Student,
Kuban State Technological University
artlucenk@yandex.ru

Annotation. A group of speed-optimal diagrams of changes in the angular velocity of the executive body of the mechanism of a double-motor electric drive of direct current with elastic shafting at small and large changes in the angular speed of the mechanism has been developed. The regions of existence for each optimal in terms of speed diagram of the change in the angular velocity of the executive body of the mechanism are determined.

Keywords: two-motor electric drive, optimal speed diagram, elastic shaft line.

Двухдвигательный электропривод постоянного тока при идентичности параметров двигателей и валопроводов целесообразно представить эквивалентным однодвигательным приводом. Для больших изменений угловой скорости исполнительного органа механизма предлагается диаграмма, приведенная на рисунке 1.

На рисунке 1 приняты обозначения:

ω_2 – угловая скорость исполнительного органа механизма, $\frac{\text{рад.}}{\text{с}}$,

$\omega_2^{(1)}$ – первая производная угловой скорости исполнительного органа механизма, $\frac{\text{рад.}}{\text{с}^2}$,

$\omega_2^{(2)}$ – вторая производная угловой скорости исполнительного органа механизма, $\frac{\text{рад.}}{\text{с}^3}$,

$\omega_2^{(3)}$ – третья производная угловой скорости исполнительного органа механизма, $\frac{\text{рад.}}{\text{с}^4}$,

$\omega_2^{(4)}$ – четвертая производная угловой скорости исполнительного органа механизма, $\frac{\text{рад.}}{\text{с}^5}$,

$\omega_{\text{нач}}$ – начальное значение угловой скорости исполнительного органа механизма, $\frac{\text{рад.}}{\text{с}}$,

$\omega_{\text{кон}}$ – конечное значение угловой скорости исполнительного органа механизма, $\frac{\text{рад.}}{\text{с}}$;

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

$\omega_{\text{max}}^{(2)}$ – максимальное значение второй производной угловой скорости исполнительного органа механизма, $\frac{\text{рад.}}{\text{с}^3}$;

$\omega_{\text{max}}^{(3)}$ – максимальное значение третьей производной угловой скорости исполнительного органа механизма, $\frac{\text{рад.}}{\text{с}^4}$;

$\omega_{\text{max}}^{(4)}$ – максимальное значение третьей производной угловой скорости исполнительного органа механизма, $\frac{\text{рад.}}{\text{с}^5}$;

t – время, с;

t_1 – длительность первого, третьего, пятого и седьмого этапов, с;

$2t_1$ – длительность второго и шестого этапов, с;

t_2 – длительность четвертого этапов, с.

Для данной диаграммы справедливы соотношения:

$$2C_M I_{\text{доп}} = M_c + (2J_1 + J_2) \cdot \omega_{\text{доп}}^{(1)};$$

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

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

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

$$T_{\text{ц}} = 8t_1 + t_2,$$

где C_M – коэффициент пропорциональности между током и моментом двигателя, В · с;

J_1 – момент инерции якоря двигателя, кг · м²;

J_2 – момент инерции исполнительного органа механизма, кг · м²;

$I_{\text{доп}}$ – максимально возможное (допустимое) значение тока якорной цепи электропривода, А;

$T_{\text{ц}}$ – длительности цикла, с.

Из полученных соотношений следует, что для параметров оптимальной по быстродействию диаграммы при больших изменениях угловой скорости исполнительного органа механизма двухдвигательного электропривода постоянного тока с упругим валопроводом справедливы зависимости:

$$\omega_{\text{доп}}^{(1)} = \frac{2C_M I_{\text{доп}} - M_c}{2J_1 + J_2};$$

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

$$T_{\text{ц}} = \frac{\omega_{\text{кон}} - \omega_{\text{нач}}}{\omega_{\text{доп}}^{(1)}} - \sqrt[3]{32 \cdot \frac{\omega_{\text{доп}}^{(1)}}{\omega_{\text{max}}^{(4)}}};$$

Если $t_2 = 0$, то $(\omega_{\text{кон}} - \omega_{\text{нач}}) = \omega_{\text{гр}}$.

При этом

$$\omega_{\text{гр}} = \omega_{\text{доп}}^{(1)} \cdot \sqrt[3]{32 \cdot \frac{\omega_{\text{доп}}^{(1)}}{\omega_{\text{max}}^{(4)}}}.$$

Таким образом, оптимальная по быстродействию диаграмма при больших изменениях угловой скорости исполнительного органа механизма двухдвигательного электропривода постоянного тока с упругими валопроводами применима при выполнении условия:

$$\omega_{гр.} \leq (\omega_{кон} - \omega_{нач}).$$

В данной работе рассмотрен двухдвигательный электропривод постоянного тока с упругими валопроводами, имеющий параметры:

$$C_M = 1,25 \text{ В} \cdot \text{с}; J_1 = 0,025 \text{ кг} \cdot \text{м}^2; J_2 = 0,2 \text{ кг} \cdot \text{м}^2; I_{доп} = 8 \text{ А};$$

$$\omega_{доп} = 160 \frac{\text{рад}}{\text{с}}; \omega_{max}^{(4)} = 160000 \frac{\text{рад}}{\text{с}^5}; M_c = 10 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

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

При этом справедливы следующие значения:

$$\omega_{доп}^{(1)} = 40 \frac{\text{рад}}{\text{с}^2}; t_1 = 0,05 \text{ с}; \omega_{гр.} = 8 \frac{\text{рад}}{\text{с}}.$$

Если $\omega_{нач} = 0 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$ и $\omega_{кон} = 8 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$, то

$$t_1 = 0,05 \text{ с}; t_2 = 0 \text{ с}; T_{ц} = 0,4 \text{ с}; \omega_{max}^{(2)} = 400 \frac{\text{рад}}{\text{с}^3}; \omega_{max}^{(3)} = 8000 \frac{\text{рад}}{\text{с}^4}.$$

Если $\omega_{нач} = 0 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$ и $\omega_{кон} = 160 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$, то

$$t_1 = 0,05 \text{ с}; t_2 = 3,8 \text{ с}; T_{ц} = 4,2 \text{ с}; \omega_{max}^{(2)} = 400 \frac{\text{рад}}{\text{с}^3}; \omega_{max}^{(3)} = 8000 \frac{\text{рад}}{\text{с}^4}.$$

На рисунке 1 оптимальная по быстродействию диаграмма для двухдвигательного электропривода постоянного тока с упругими валопроводами при изменении угловой скорости исполнительного органа механизма на

$$(\omega_{кон} - \omega_{нач}) = 28 \frac{\text{рад}}{\text{с}}.$$

$$(t_1 = 0,05 \text{ с}; t_2 = 0,5 \text{ с}; T_{ц} = 0,9 \text{ с}; \omega_{max}^{(2)} = 400 \frac{\text{рад}}{\text{с}^3}; \omega_{max}^{(3)} = 8000 \frac{\text{рад}}{\text{с}^4}).$$

Если выполняется условие $\omega_{гр.} \geq (\omega_{кон} - \omega_{нач})$, то необходимо использовать оптимальную по быстродействию диаграмму при малых изменениях угловой скорости исполнительного органа механизма двухдвигательного электропривода постоянного тока с упругими валопроводами, приведенную на рисунке 2.

На рисунке 2 приняты обозначения:

$\omega_{max}^{(1)}$ – максимальное значение первой производной угловой скорости исполнительного органа механизма, $\frac{\text{рад}}{\text{с}^2}$;

t_1 – длительность первого, третьего, четвертого и шестого этапов, с;

$2t_1$ – длительность второго и пятого этапов, с.

Для данной диаграммы справедливы соотношения:

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

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

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

$$\omega_{кон} = \omega_{нач} + 4\omega_{max}^{(1)} \cdot t_1 = \omega_{нач} + 8\omega_{max}^{(4)} \cdot t_1^4;$$

$$T_{ц} = 8 t_1.$$

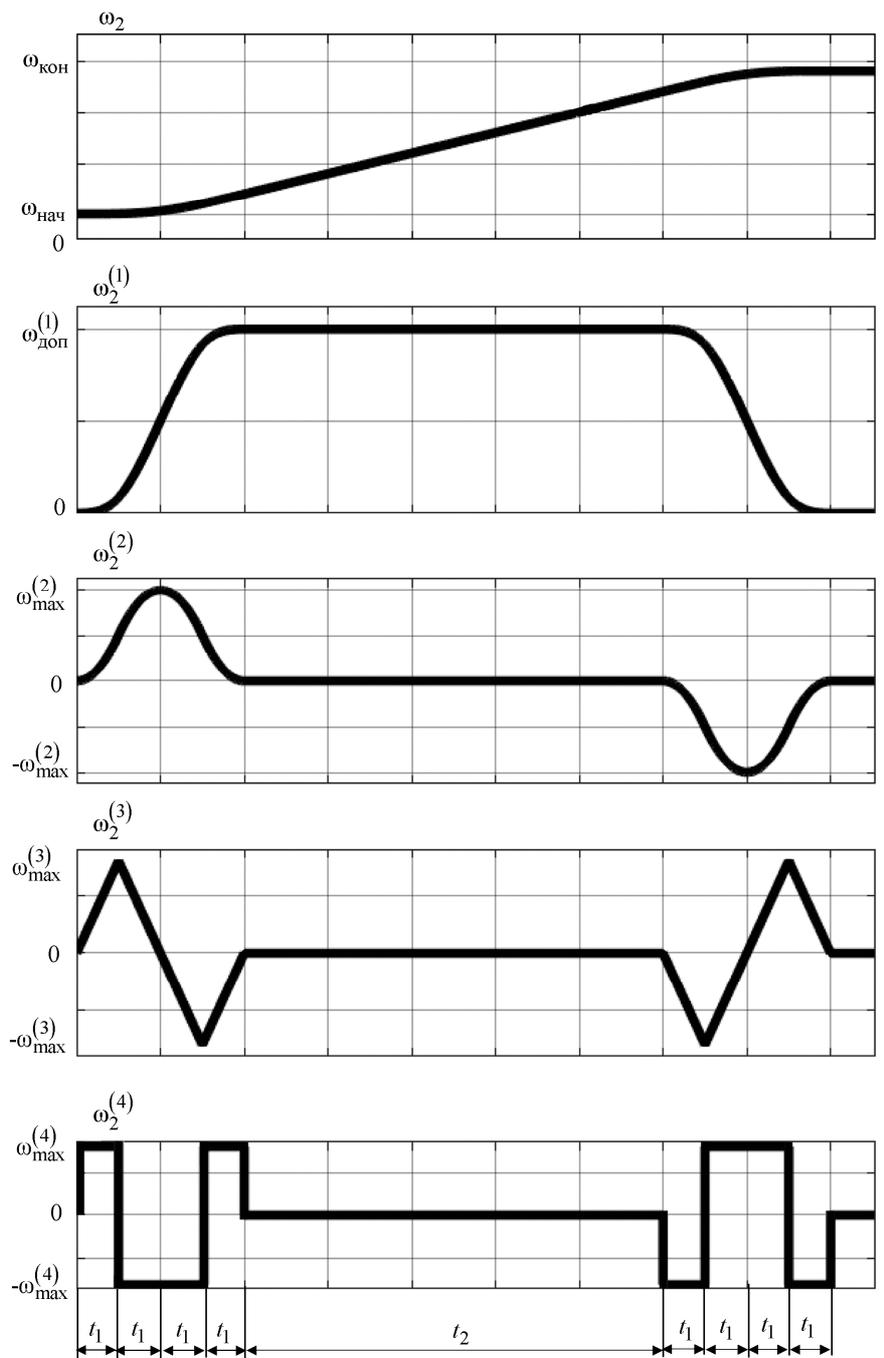


Рисунок 1 – Оптимальная по быстродействию диаграмма при больших изменениях угловой скорости исполнительного органа механизма двухдвигательного электропривода постоянного тока с упругими валопроводами

Из этих соотношений следует, что для параметров оптимальной по быстродействию диаграммы при малых изменениях угловой скорости исполнительного органа механизма двухдвигательного электропривода постоянного тока с упругими валопроводами справедливы зависимости:

$$t_1 = \sqrt[4]{\frac{1}{8} \cdot \frac{\omega_{\text{кон}} - \omega_{\text{нач}}}{\omega_{\text{max}}^{(4)}}};$$

$$T_{\text{ц}} = \sqrt[4]{512 \cdot \frac{\omega_{\text{кон}} - \omega_{\text{нач}}}{\omega_{\text{max}}^{(4)}}}.$$

На рисунке 2 представлена оптимальная по быстродействию диаграмма для двухдвигательного электропривода постоянного тока с упругими валопроводами при малых изменениях угловой скорости исполнительного органа механизма на

$$(\omega_{\text{кон}} - \omega_{\text{нач}}) = 0,5 \frac{\text{рад}}{\text{с}},$$

$$(t_1 = 0,025 \text{ с}; T_{\text{ц}} = 0,2 \text{ с}; \omega_{\text{max}}^{(1)} = 5 \frac{\text{рад}}{\text{с}^2}; \omega_{\text{max}}^{(2)} = 400 \frac{\text{рад}}{\text{с}^3}; \omega_{\text{max}}^{(3)} = 4000 \frac{\text{рад}}{\text{с}^4}).$$

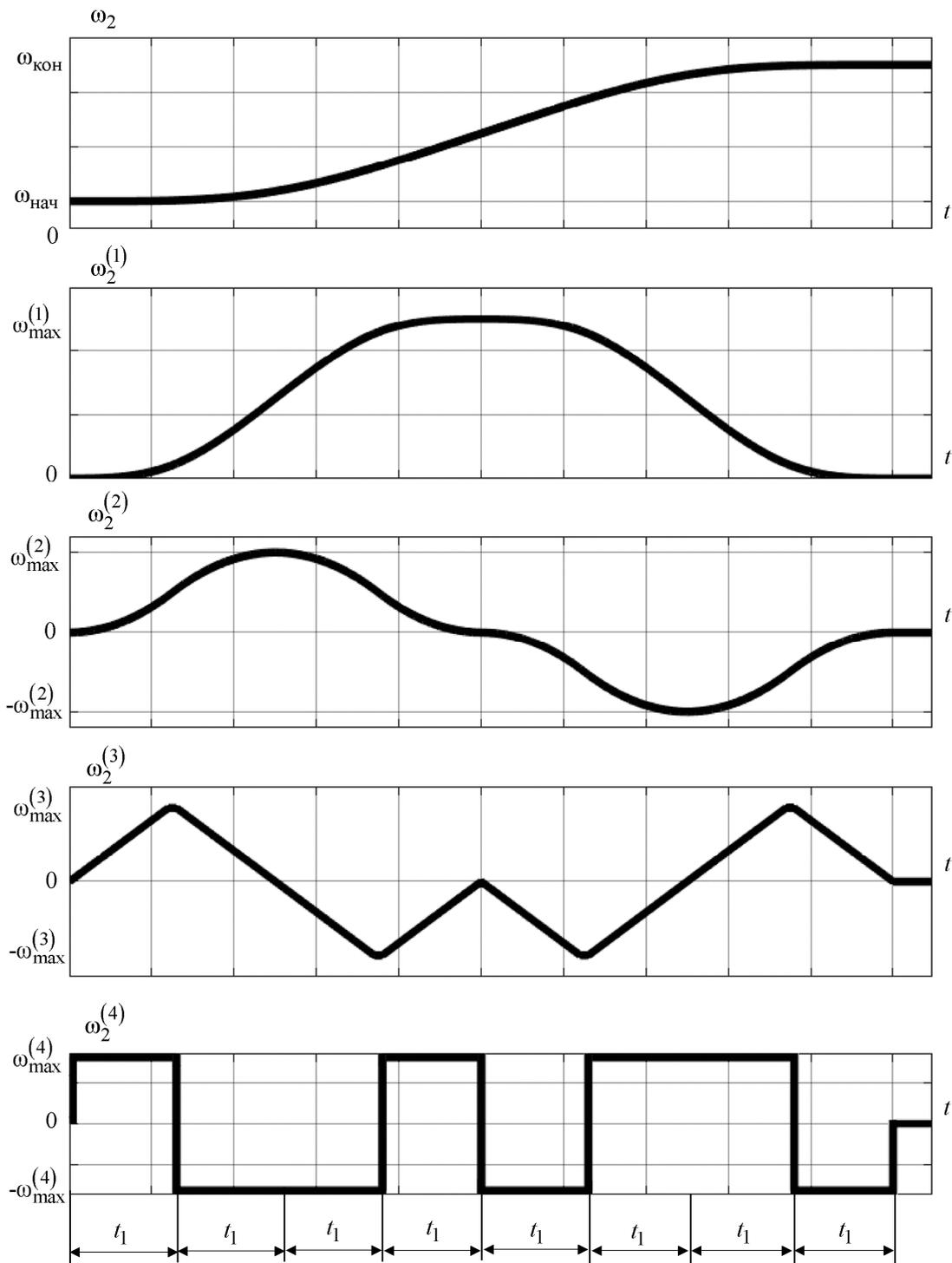


Рисунок 2 – Оптимальная по быстродействию диаграмма при малых изменениях угловой скорости исполнительного органа механизма двухдвигательного электропривода постоянного тока с упругими валопроводами

Выводы

Разработана группа оптимальных по быстродействию диаграмм изменения угловой скорости исполнительного органа механизма двухдвигательного электропривода постоянного тока с упругими валопроводами:

- при малых изменениях угловой скорости механизма, состоящая из шести этапов;
- при больших изменениях угловой скорости механизма, состоящая из семи этапов.

Определены области существования для каждой оптимальной по быстродействию диаграммы изменения угловой скорости исполнительного органа механизма двухдвигательного электропривода постоянного тока с упругими валопроводами.