

РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА, ФОРМИРУЮЩЕГО ОПТИМАЛЬНУЮ ПО БЫСТРОДЕЙСТВИЮ ДИАГРАММУ ДЛЯ НЕБОЛЬШИХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ ИСПОЛНИТЕЛЬНОГО ОРГАНА ПРЕЦИЗИОННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА ПЕРЕМЕННОГО ТОКА С УПРУГИМ ВАЛОПРОВОДОМ

Ю.П. ДОБРОБАБА, И.Б. КУЗЬМИНА

*Кубанский государственный технологический университет,
350072, Российская Федерация, г. Краснодар, ул. Московская, 2;
электронная почта: i.b.kuzmina@yandex.ru*

Статья посвящена разработке устройства, формирующего оптимальную по быстродействию диаграмму для небольших перемещений исполнительного органа прецизионного электропривода переменного тока с упругим валопроводом. Представлена структурная схема устройства, содержащего блоки генераторов ступенчатого сигнала, интеграторы, блоки произведения и алгебраические сумматоры.

Ключевые слова: генератор ступенчатого сигнала, интеграторы, алгебраические сумматоры, небольшие перемещения.

В статье [1] разработана оптимальная по быстродействию диаграмма для небольших перемещений исполнительного органа прецизионного электропривода переменного тока с упругим валопроводом, которая представлена на рисунке 1.

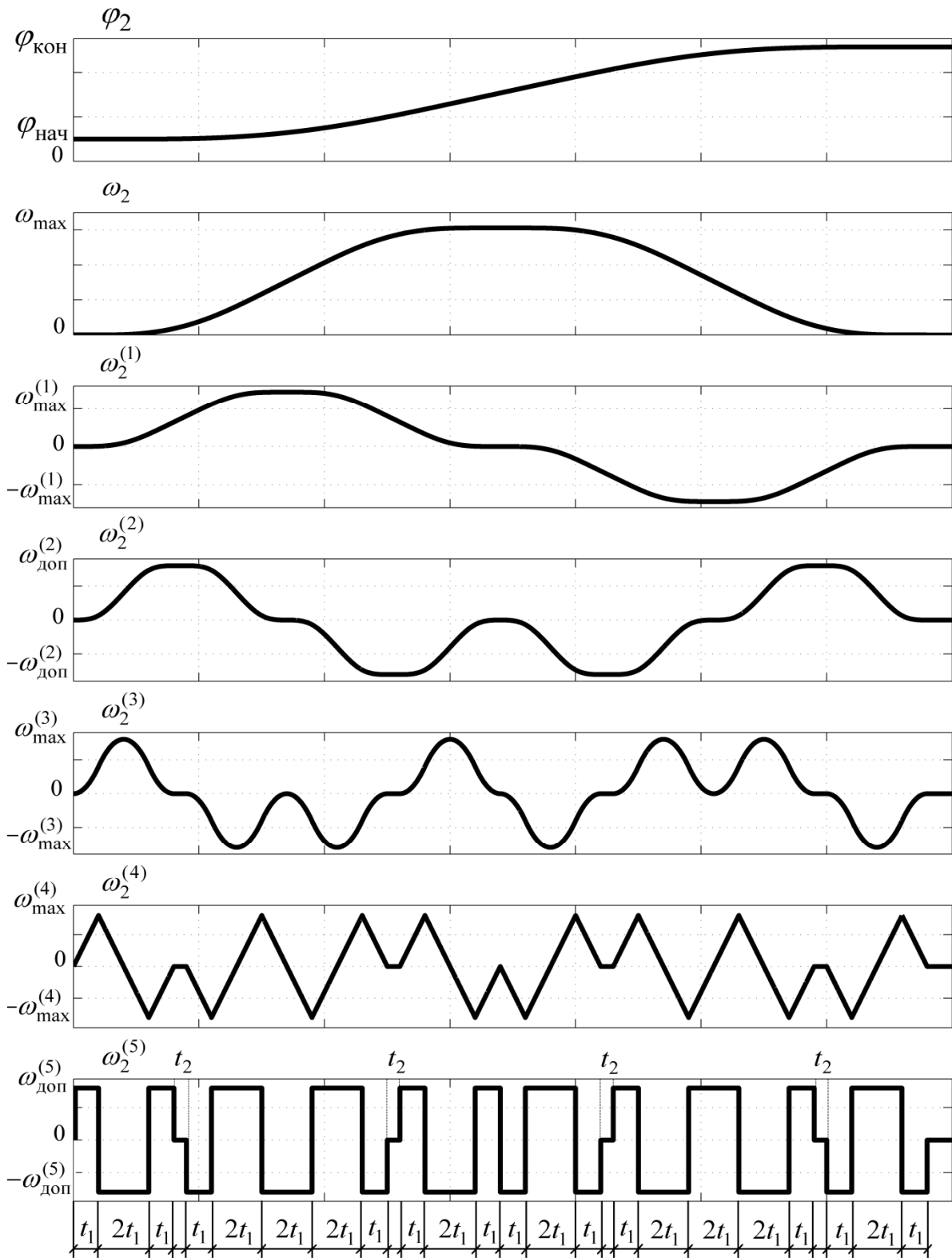


Рисунок 1

На рисунке 1 приняты обозначения[1]:

φ_1 – угол поворота исполнительного органа механизма, *rad*;

ω_1 – угловая скорость исполнительного органа механизма, $\frac{rad}{c}$;

$\omega_1^{(1)}$ – первая производная угловой скорости исполнительного органа механизма, $\frac{rad}{c^2}$;

$\omega_1^{(2)}$ – вторая производная угловой скорости исполнительного органа механизма, $\frac{rad}{c^3}$;

$\omega_1^{(3)}$ – третья производная угловой скорости исполнительного органа механизма, $\frac{rad}{c^4}$;

$\omega_1^{(4)}$ – четвертая производная угловой скорости исполнительного органа механизма, $\frac{rad}{c^5}$;

$\omega_1^{(5)}$ – пятая производная угловой скорости исполнительного органа механизма, $\frac{rad}{c^6}$;

$\varphi_{нач}$ – начальное значение угла поворота исполнительного органа механизма, *rad*;

$\varphi_{кон}$ – конечное значение угла поворота исполнительного органа механизма, *rad*;

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

– максимально допустимое значение второй производной угловой скорости исполнительного органа механизма, $\frac{рад}{с^3}$;

$\omega_{1\max}^{(3)}$ – максимальное значение третьей производной угловой скорости исполнительного органа механизма, $\frac{рад}{с^4}$;

$\omega_{1\max}^{(4)}$ – максимальное значение четвертой производной угловой скорости исполнительного органа механизма, $\frac{рад}{с^5}$;

– максимально допустимое значение пятой производной угловой скорости исполнительного органа механизма, $\frac{рад}{с^6}$;

t_1 – длительность первого, третьего, пятого, девятого, одиннадцатого, тринадцатого, четырнадцатого, шестнадцатого, восемнадцатого, двадцать второго, двадцать четвертого и двадцать шестого этапов, с;

– длительность второго, шестого, седьмого, восьмого, двенадцатого, пятнадцатого, девятнадцатого, двадцатого, двадцать первого и двадцать пятого этапов, с;

t_2 – длительность четвертого, десятого, семнадцатого и двадцать третьего этапов, с.

Для оптимальной по быстродействию диаграммы при небольших перемещениях исполнительного органа прецизионного электропривода

переменного тока с упругим валопроводом справедливы следующие соотношения[1]:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Оптимальная по быстродействию диаграмма для небольших перемещений исполнительного органа прецизионного электропривода переменного тока с упругим валопроводом справедлива при выполнении условия[1]:

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

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:

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

$\omega_{\text{max}} = 61,2 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$. 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: $V_{\text{доп}} = 4 \frac{\text{м}}{\text{с}}; \quad V_{\text{доп}}^{(1)} = 2 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}; \quad V_{\text{доп}}^{(2)} = 4 \frac{\text{м}}{\text{с}^3};$

$V_{\text{доп}}^{(5)} = 2000 \frac{\text{м}}{\text{с}^6}$. 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: $t_1 = 0,1 \text{ с}; \quad t_2 = 0,05 \text{ с}; \quad V_{\text{max}}^{(4)} = 200 \frac{\text{м}}{\text{с}^5}; \quad V_{\text{max}}^{(3)} = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}^4};$

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

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

$S_{\text{гр.2}} = 3,24 \text{ м}$.

Для формирования оптимальной по быстродействию диаграммы при небольших перемещениях исполнительного органа прецизионного электропривода переменного тока с упругим валопроводом разработано устройство, представленное на рисунке 2 и рисунке 3.

Так как оптимальная по быстродействию диаграмма при небольших перемещениях исполнительного органа прецизионного электропривода переменного тока с упругим валопроводом имеет двадцать шесть этапов, то

необходима реализация двадцати семи переключений пятой производной угловой скорости исполнительного органа механизма. Для этого используются двадцать семь блоков генератора ступенчатого сигнала и двадцать шесть блоков алгебраического суммирования. Интегрирование функций пятой, четвертой, третьей, второй и первой производных угловой скорости исполнительного органа механизма и угловой скорости исполнительного органа механизма определяет соответственно функции четвертой, третьей, второй и первой производных угловой скорости исполнительного органа механизма, функцию угловой скорости и угла поворота исполнительного органа механизма. Для интегрирования функций используется шесть интеграторов. Обнуление сигналов на входах шести блоков интегрирования осуществляется за счет использования step 28 и step 29, алгебраического сумматора и шести блоков произведения. Для введения начального значения угла поворота исполнительного органа механизма применяются step 30 и алгебраический сумматор.

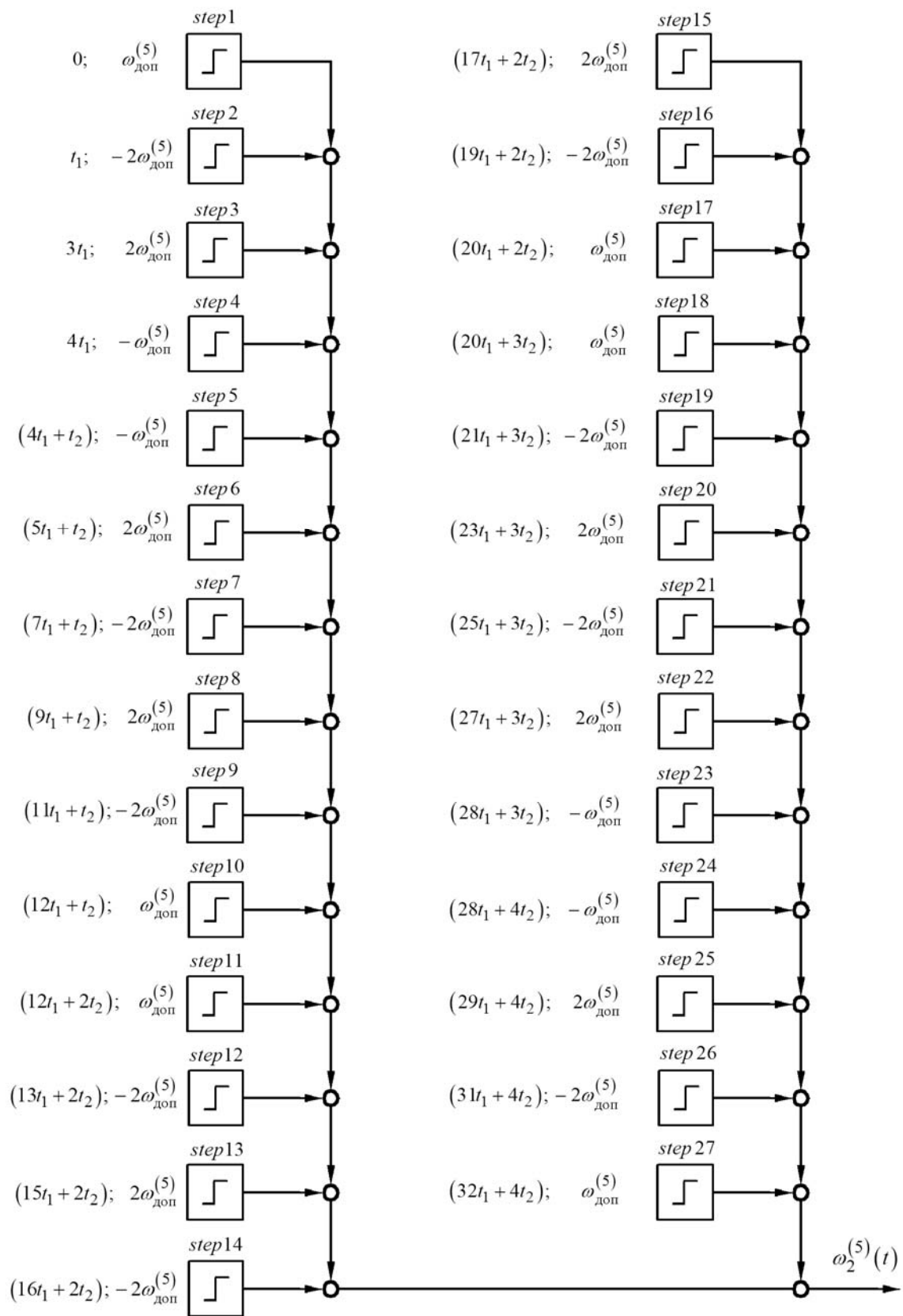


Рисунок 2

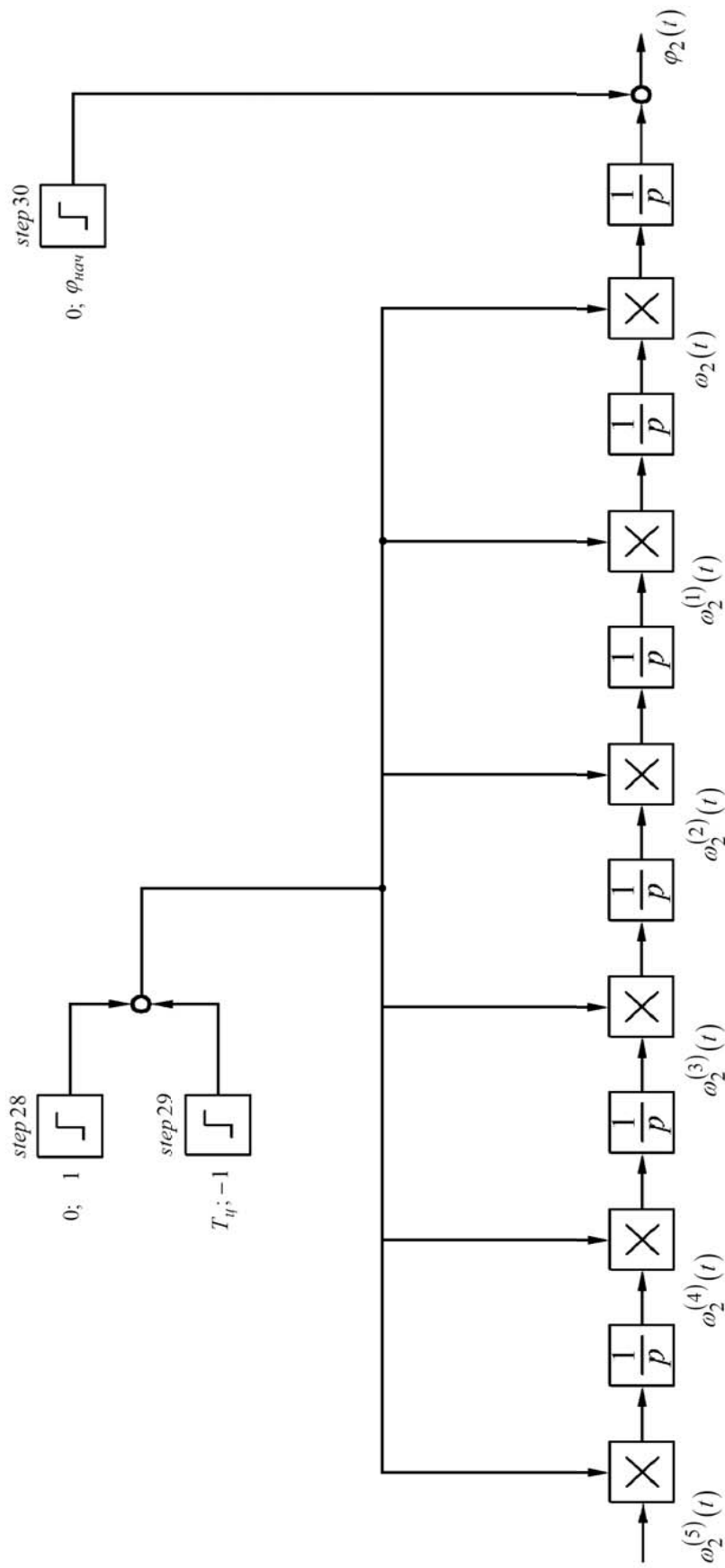


Рисунок 3

ВЫВОДЫ

Разработано устройство, обеспечивающее формирование оптимальной по быстродействию диаграммы для небольших перемещений исполнительного органа прецизионного электропривода переменного тока с упругим валопроводом с высокой точностью.

Реализация устройства позволит интенсифицировать процесс передвижения исполнительных органов транспортного и подъемно-транспортного оборудования, промышленных манипуляторов, механизмов кранов, лифтов и металлообрабатывающих станков.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Добробаба Ю.П., Кузьмина И.Б. Разработка оптимальной по быстродействию диаграммы для небольших перемещений исполнительного органа прецизионного электропривода переменного тока с упругим валопроводом. – Научные труды КубГТУ №2, 2014. Ссылка на интернет-ресурс: <http://ntk.kubstu.ru/file/57>.

REFERENCES

1. Dobrobaba Yu.P., Kuzmina I.B. Development of the optimal time diagrams for small movements of the executive body of precision AC drive with an elastic shafting. - Scientific Labour KubSTU №2, 2014. Link to online resource: <http://ntk.kubstu.ru/file/57>.

DEVELOPMENT OF DEVICES FORMING THE OPTIMAL TIME CHART FOR SMALL MOVEMENTS OF THE EXECUTIVE BODY OF PRECISION AC DRIVE WITH AN ELASTIC SHAFTING

Yu.P. DOBROBABA, I.B. KUZMINA

*Kuban State Technological University,
2, Moskovskaya st. Krasnodar, Russian Federation, 350072;
e-mail: i.b.kuzmina@yandex.ru*

Article focuses on the development of devices forming the optimal time chart for small displacements executive AC drive with an elastic shafting. Is a block diagram of an apparatus comprising a signal generator step, integrators and algebraic adders.

Key words: signal generator step, integrators, algebraic adders, small movement.