

*РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА, ФОРМИРУЮЩЕГО ОПТИМАЛЬНУЮ ПО
БЫСТРОДЕЙСТВИЮ ДИАГРАММУ ДЛЯ СРЕДНИХ 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 средних 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, средние перемещения.

Разработанная в статье [1] оптимальная по быстродействию диаграмма для средних перемещений исполнительного органа прецизионного электропривода переменного тока с упругим валопроводом представлена на рисунке 1.

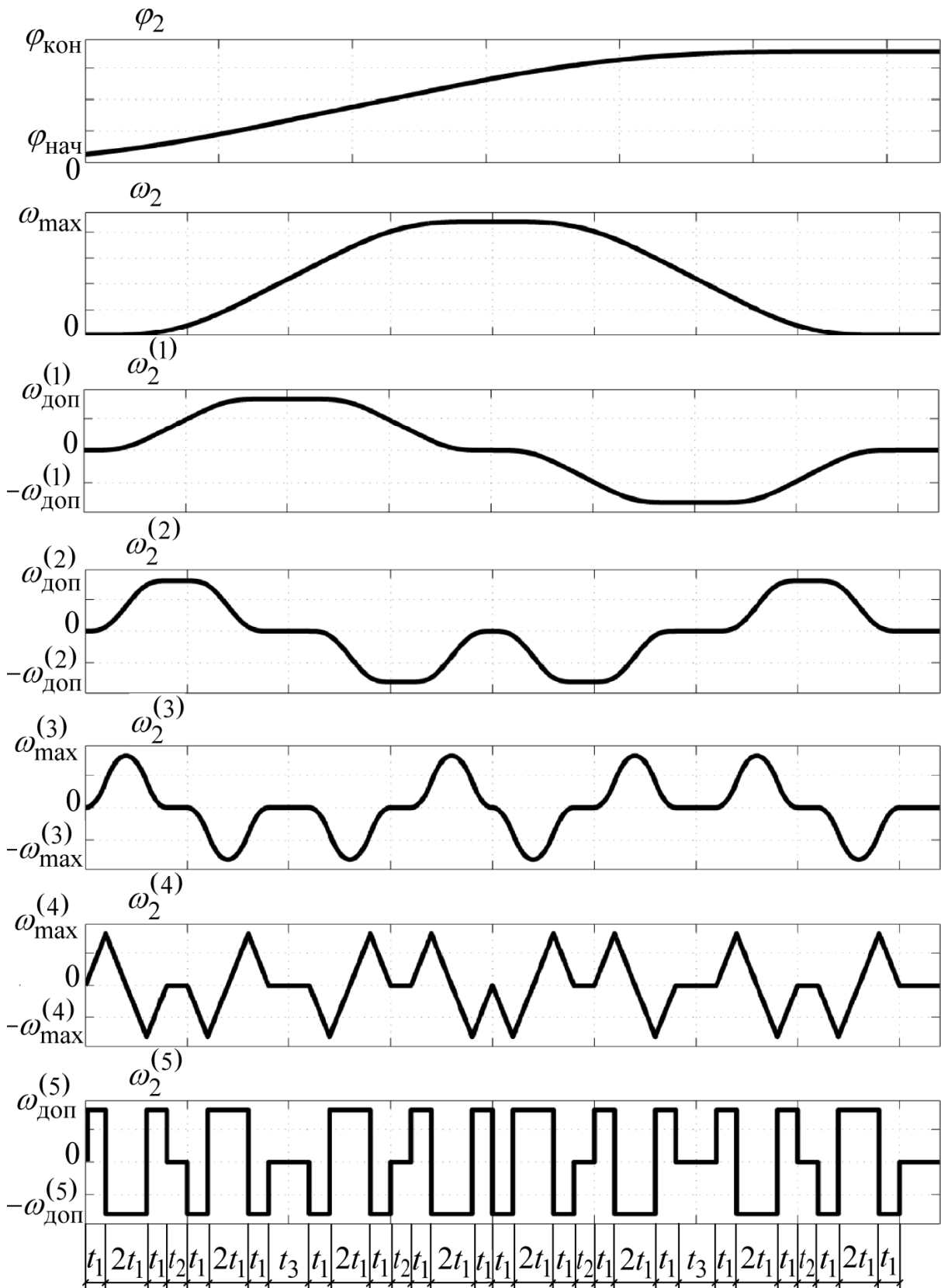


Рисунок 1

На рисунке 1 приняты обозначения[1]:

φ_2 – угол поворота исполнительного органа механизма, рад;

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

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

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

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

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

$\omega_2^{(5)}$ – пятая производная угловой скорости исполнительного органа механизма, $\frac{рад}{с^6}$;

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

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

ω_{2max} – максимальное значение угловой скорости исполнительного органа механизма, $\frac{рад}{с}$;

– максимально допустимое значение первой производной угловой скорости исполнительного органа механизма, $\frac{рад}{с^2}$;

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

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

$\omega_{1max}^{(4)}$ – 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, седьмого, девятого, одиннадцатого, тринадцатого, пятнадцатого, шестнадцатого, восемнадцатого, двадцатого, двадцать второго, двадцать четвертого, двадцать шестого, двадцать восьмого и тридцатого этапов, с;

– длительность второго, шестого, десятого, четырнадцатого, семнадцатого, двадцать первого, двадцать пятого и двадцать девятого этапов, с;

t_2 – длительность четвертого, двенадцатого, девятнадцатого и двадцать седьмого этапов, с;

t_3 – длительность восьмого и двадцать третьего этапов, с.

Для оптимальной по быстродействию диаграммы при средних перемещениях исполнительного органа прецизионного электропривода переменного тока с упругим валопроводом справедливы следующие соотношения[1]:

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

$$t_2 = \frac{\omega_{\text{доп}}^{(1)}}{\omega_{\text{доп}}^{(2)}} - 4 \cdot \sqrt[3]{\frac{\omega_{\text{доп}}^{(2)}}{2\omega_{\text{доп}}^{(5)}}};$$

$$t_3 = \sqrt{\frac{\varphi_{\text{кон}} - \varphi_{\text{нач}}}{\omega_{\text{доп}}^{(1)}} + \frac{1}{4} \cdot \left[\frac{\omega_{\text{доп}}^{(1)}}{\omega_{\text{доп}}^{(2)}} + 4 \cdot \sqrt[3]{\frac{\omega_{\text{доп}}^{(2)}}{2\omega_{\text{доп}}^{(5)}}} \right]^2} - \frac{3}{2} \cdot \left[\frac{\omega_{\text{доп}}^{(1)}}{\omega_{\text{доп}}^{(2)}} + 4 \cdot \sqrt[3]{\frac{\omega_{\text{доп}}^{(2)}}{2\omega_{\text{доп}}^{(5)}}} \right];$$

$$T_{\text{ц}} = 32 \cdot t_1 + 4t_2 + 2t_3;$$

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

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

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

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

$$\omega_{\text{max}} = \omega_{\text{доп}}^{(1)} (8t_1 + t_2 + t_3).$$

где $T_{\text{ц}}$ – время цикла, с.

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

$$\varphi_{\text{гр.2}} \leq (\varphi_{\text{кон}} - \varphi_{\text{нач}}) \leq \varphi_{\text{гр.3}},$$

$$\text{где } \varphi_{\text{гр.3}} = \omega_{\text{доп}} \cdot \left[\frac{\omega_{\text{доп}}}{\omega_{\text{доп}}^{(1)}} + \frac{\omega_{\text{доп}}^{(1)}}{\omega_{\text{доп}}^{(2)}} + 4 \cdot \sqrt[3]{\frac{\omega_{\text{доп}}^{(2)}}{2\omega_{\text{доп}}^{(5)}}} \right];$$

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

Координаты электропривода имели следующие ограничения:

$$\omega_{\text{доп}} = 160 \frac{\text{рад}}{\text{с}}; \quad \omega_{\text{доп}}^{(1)} = 80 \frac{\text{рад}}{\text{с}^2}; \quad \omega_{\text{доп}}^{(2)} = 160 \frac{\text{рад}}{\text{с}^3};$$

$\omega_{\text{доп}}^{(5)} = 80000 \frac{\text{рад}}{\text{с}^6}$. Электропривод отработал угол поворота исполнительного органа механизма $(\varphi_{\text{кон}} - \varphi_{\text{нач}}) = 176 \text{ рад}$ за время $T_{\text{ц}} = 4 \text{ с}$. Остальные

параметры диаграммы: $t_1 = 0,1 \text{ с}$; $t_2 = 0,1 \text{ с}$; $t_3 = 0,2 \text{ с}$; $\omega_{\max}^{(4)} = 8000 \frac{\text{рад}}{\text{с}^5}$;

$\omega_{\max}^{(3)} = 800 \frac{\text{рад}}{\text{с}^4}$; $\omega_{\max} = 88 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$. Граничное значение угла поворота исполнительного органа механизма при таких ограничениях координат $\varphi_{\text{гр.2}} = 129,6 \text{ рад}$, $\varphi_{\text{гр.3}} = 464 \text{ рад}$.

При радиусе приведения $r = 0,025 \text{ м}$ это соответствует следующим линейным скоростям и перемещениям исполнительного органа механизма.

Ограничения координат электропривода: $V_{\text{доп}} = 4 \frac{\text{м}}{\text{с}}$; $V_{\text{доп}}^{(1)} = 2 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$; $V_{\text{доп}}^{(2)} = 4 \frac{\text{м}}{\text{с}^3}$;

$V_{\text{доп}}^{(5)} = 2000 \frac{\text{м}}{\text{с}^6}$. Электропривод отработал перемещение исполнительного

органа механизма ($S_{\text{кон}} - S_{\text{нач}} = 4,4 \text{ м}$ за время $T_{\text{ц}} = 4 \text{ с}$. Остальные параметры

диаграммы: $t_1 = 0,1 \text{ с}$; $t_2 = 0,1 \text{ с}$; $t_3 = 0,2 \text{ с}$; $V_{\max}^{(4)} = 200 \frac{\text{м}}{\text{с}^5}$; $V_{\max}^{(3)} = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}^4}$;

$V_{\max} = 2,2 \frac{\text{м}}{\text{с}}$. Граничное значение перемещения исполнительного органа

механизма при таких ограничениях координат $S_{\text{гр.2}} = 3,24 \text{ м}$; $S_{\text{гр.3}} = 11,6 \text{ м}$.

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

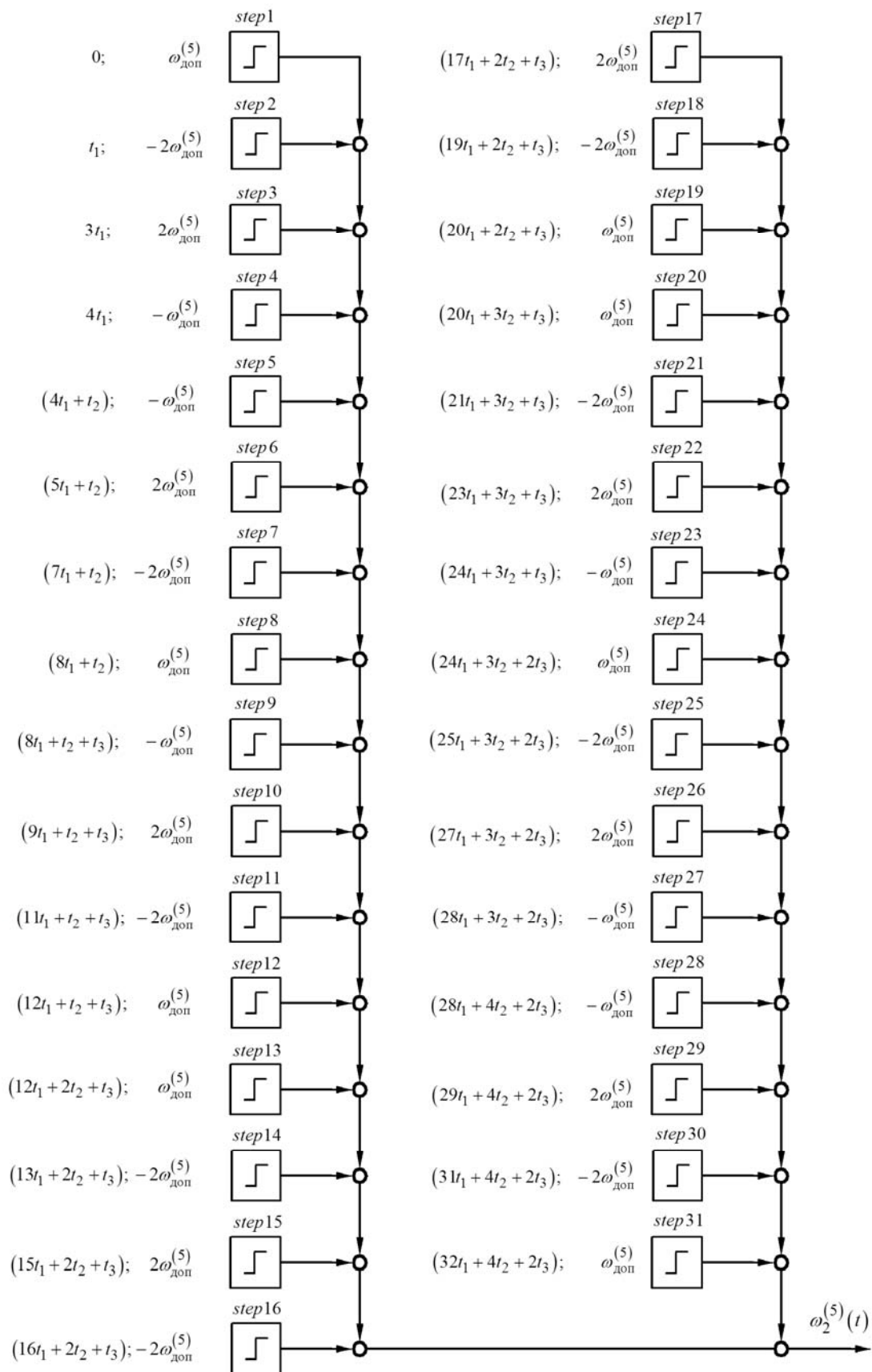


Рисунок 2

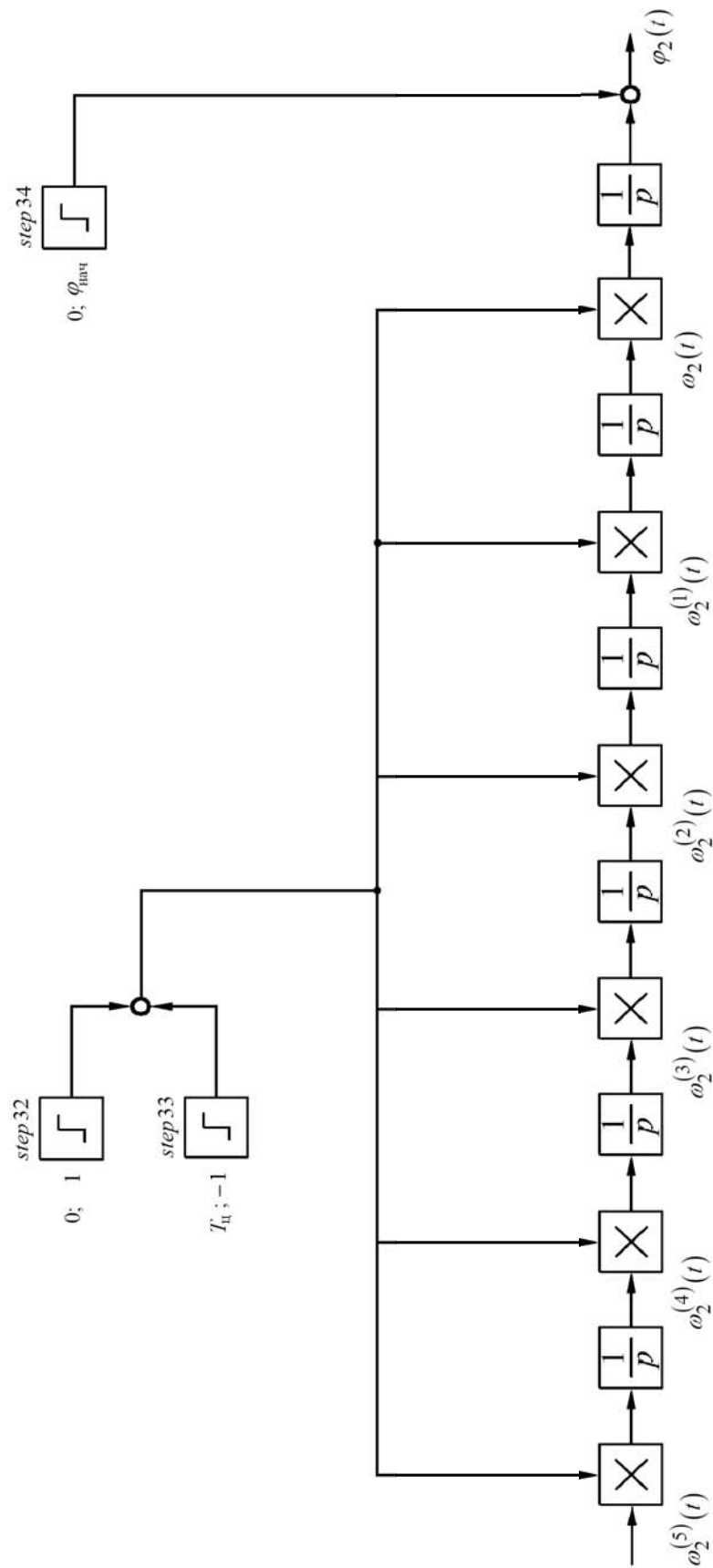


Рисунок 3

Так как оптимальная по быстродействию диаграмма при средних перемещениях исполнительного органа прецизионного электропривода переменного тока с упругим валопроводом имеет тридцать этапов, то <http://ntk.kubstu.ru/file/358>

необходима реализация тридцати одного переключения пятой производной угловой скорости исполнительного органа механизма. Для этого используются тридцать один блок генератора ступенчатого сигнала (step 1 – step 31) и тридцать 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 двух блоков генератора ступенчатого сигнала (step 32 и step 33), алгебраического сумматора и шести блоков произведения. Для введения начального значения угла поворота исполнительного органа механизма применяются блок генератора ступенчатого сигнала (step 34) и алгебраический сумматор.

ВЫВОДЫ

Разработано устройство, обеспечивающее формирование оптимальной по быстродействию диаграммы для средних 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.

ЛИТЕРАТУРА

1. Добробаба Ю.П., Кузьмина И.Б. Разработка оптимальной по быстродействию диаграммы для средних перемещений исполнительного органа

прецизионного электропривода переменного тока с упругим валопроводом. –
Научные труды КубГТУ №5, 2014. Ссылка на интернет-ресурс:
<http://ntk.kubstu.ru/file/227>.

REFERENCES

1. Dobrobaba Yu.P., Kuzmina I.B. Development of the optimal time charts for the average displacements of the executive body of precision AC drive with an elastic shafting – *Scientific Labour KubSTU* № 5, 2014. Link to online resource: <http://ntk.kubstu.ru/file/227>.

DEVELOPMENT OF THE DEVICE FORMING THE OPTIMAL TIME CHART FOR THE AVERAGE DISPLACEMENT 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 average 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, average movement.