



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2011132071/07, 29.07.2011

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
29.07.2011

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 29.07.2011

(45) Опубликовано: 27.01.2012 Бюл. № 3

Адрес для переписки:

350072, г.Краснодар, ул. Московская, 2,
ГОУВПО КубГТУ, отдел интеллектуальной и
промышленной собственности, проректору по
НИИД проф. М.Ю. Тамовой

(72) Автор(ы):

Добробаба Юрий Петрович (RU),
Шпилев Александр Александрович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Государственное образовательное
учреждение высшего профессионального
образования "Кубанский государственный
технологический университет" (ГОУВПО
КубГТУ) (RU)

(54) УСТРОЙСТВО ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ СИГНАЛА, СООТВЕТСТВУЮЩЕГО ОПТИМАЛЬНОЙ ПО БЫСТРОДЕЙСТВИЮ ДИАГРАММЕ ДЛЯ СРЕДНИХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ ИСПОЛНИТЕЛЬНОГО ОРГАНА ЭЛЕКТРОПРИВОДА ПЕРЕМЕННОГО ТОКА С ОГРАНИЧЕНИЕМ ПЕРВОЙ И ТРЕТЬЕЙ ПРОИЗВОДНЫХ ЧАСТОТЫ ВРАЩЕНИЯ

Формула полезной модели

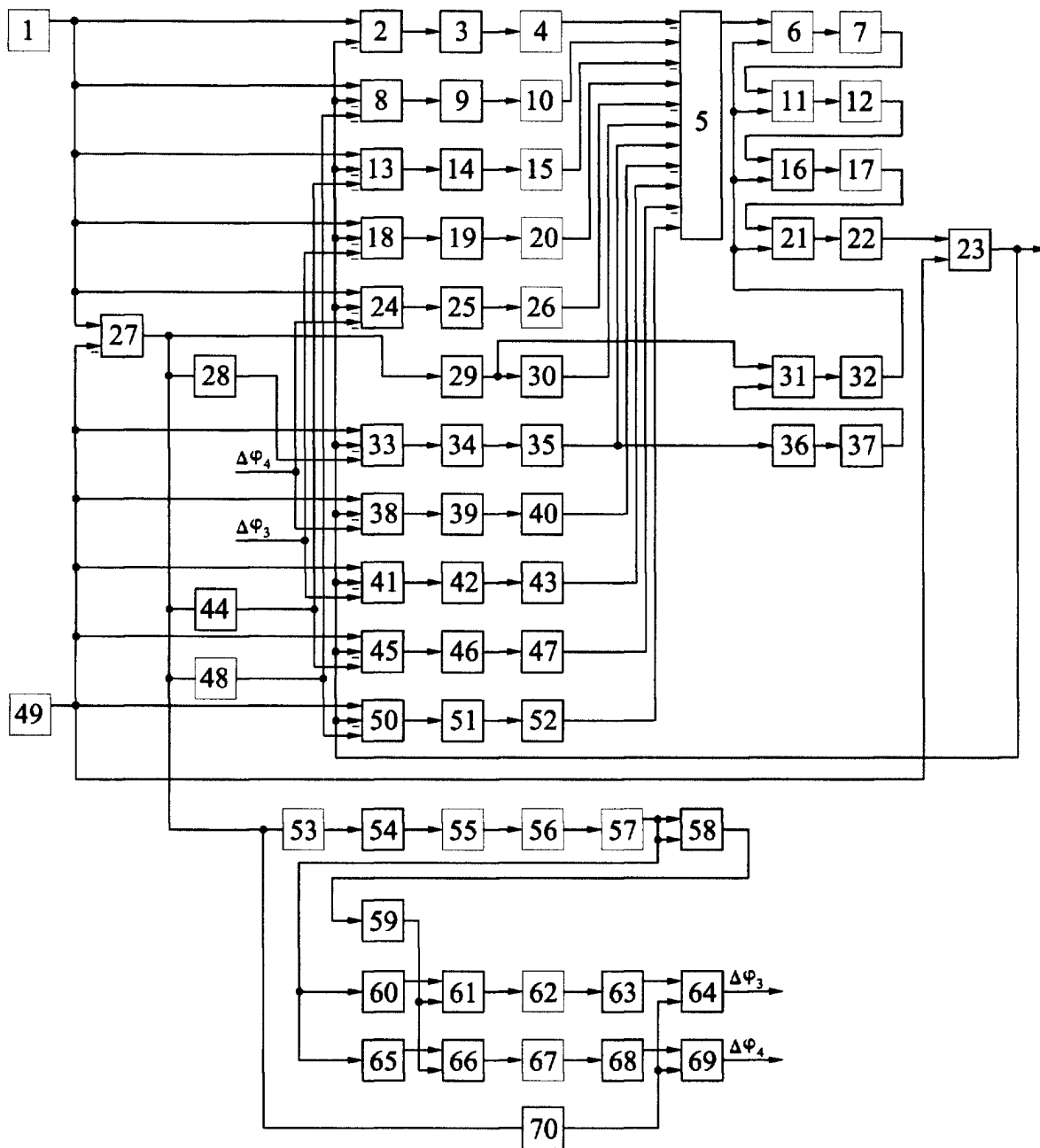
Устройство для формирования сигнала, соответствующего оптимальной по быстродействию диаграмме для средних перемещений исполнительного органа электропривода переменного тока с ограничением первой и третьей производных частоты вращения, содержащее первый задатчик, второй задатчик, первый пропорциональный блок, второй пропорциональный блок, третий пропорциональный блок, четвертый пропорциональный блок, пятый пропорциональный блок, первый блок произведения, второй блок произведения, первый интегральный блок, второй интегральный блок, третий интегральный блок, первый блок ограничения, второй блок ограничения, блок вычисления модуля, блок функции возведения в степень, первый блок арифметических функций, второй блок арифметических функций, третий блок арифметических функций, четвертый блок арифметических функций, отличающееся тем, что в устройство введены первый блок алгебраического сумматора, первый вход которого соединен с выходом первого задатчика, выход первого блока алгебраического сумматора соединен с входом первого блока определения знака сигнала, выход первого блока определения знака сигнала соединен с входом первого пропорционального блока, выход первого пропорционального блока соединен с первым входом второго блока алгебраического сумматора, выход второго блока алгебраического сумматора соединен с первым входом первого блока произведения, выход первого блока произведения соединен с входом первого интегрального блока, выход первого интегрального блока соединен с первым входом второго блока произведения, выход второго блока произведения соединен с входом второго интегрального блока, выход второго

вторым входом двенадцатого блока алгебраического сумматора и со вторым входом тринадцатого блока алгебраического сумматора, выход восьмого блока алгебраического сумматора соединен с входом двенадцатого пропорционального блока, с входом первого блока, ограничивающего значение своего входного сигнала, с входом второго блока, ограничивающего значение своего входного сигнала, с входом блока вычисления модуля и с входом двенадцатого блока определения знака сигнала, выход второго пропорционального блока соединен со вторым входом второго блока алгебраического сумматора, выход третьего пропорционального блока соединен с третьим входом второго блока алгебраического сумматора, выход четвертого пропорционального блока соединен с четвертым входом второго блока алгебраического сумматора, выход пятого пропорционального блока соединен с пятым входом второго блока алгебраического сумматора, выход шестого пропорционального блока соединен с шестым входом второго блока алгебраического сумматора, выход седьмого пропорционального блока соединен с седьмым входом второго блока алгебраического сумматора и с входом пятого интегрального блока, выход восьмого пропорционального блока соединен с восьмым входом второго блока алгебраического сумматора, выход девятого пропорционального блока соединен с девятым входом второго блока алгебраического сумматора, выход десятого пропорционального блока соединен с десятым входом второго блока алгебраического сумматора, выход одиннадцатого пропорционального блока соединен с одиннадцатым входом второго блока алгебраического сумматора, выход пятого интегрального блока соединен с входом тринадцатого блока определения знака сигнала, выход тринадцатого блока определения знака сигнала соединен со вторым входом пятого блока произведения, выход пятого блока произведения соединен с входом блока сравнения с нулем, выход блока сравнения с нулем соединен со вторым входом первого блока произведения, со вторым входом второго блока произведения, со вторым входом третьего блока произведения и со вторым входом четвертого блока произведения, выход блока вычисления модуля соединен с входом тринадцатого пропорционального блока, выход тринадцатого пропорционального блока соединен с входом первого блока арифметических функций, выход первого блока арифметических функций соединен с входом блока функции возведения в степень, выход блока функции возведения в степень соединен с входом второго блока арифметических функций, выход второго блока арифметических функций соединен с первым входом шестого блока произведения, со вторым входом шестого блока произведения, с входом четырнадцатого пропорционального блока и с входом пятнадцатого пропорционального блока, выход четырнадцатого пропорционального блока соединен с первым входом четырнадцатого блока алгебраического сумматора, выход пятнадцатого пропорционального блока соединен с первым входом пятнадцатого блока алгебраического сумматора, выход шестого блока произведения соединен с входом шестнадцатого пропорционального блока, выход шестнадцатого пропорционального блока соединен со вторым входом четырнадцатого блока алгебраического сумматора и со вторым входом пятнадцатого блока алгебраического сумматора, выход четырнадцатого блока алгебраического сумматора соединен с входом третьего блока арифметических функций, выход пятнадцатого блока алгебраического сумматора соединен с входом четвертого блока арифметических функций, выход третьего блока арифметических функций соединен с входом семнадцатого пропорционального блока, выход четвертого блока арифметических функций соединен с входом восемнадцатого пропорционального блока, выход семнадцатого пропорционального блока соединен с первым входом седьмого блока произведения, выход восемнадцатого пропорционального блока соединен с первым входом восьмого блока произведения, выход двенадцатого блока определения знака сигнала соединен

RU 113097 U 1

RU 113097 U 1

со вторым входом седьмого блока произведения и со вторым входом восьмого блока произведения, выход двенадцатого пропорционального блока соединен с третьим входом девятого блока алгебраического сумматора, выход восьмого блока произведения соединен с третьим входом седьмого блока алгебраического сумматора и с третьим входом десятого блока алгебраического сумматора, выход седьмого блока произведения соединен с третьим входом шестого блока алгебраического сумматора и с третьим входом одиннадцатого блока алгебраического сумматора, выход второго блока, ограничивающего значение своего входного сигнала, соединен с третьим входом пятого блока алгебраического сумматора и с третьим входом двенадцатого блока алгебраического сумматора, выход первого блока, ограничивающего значение своего входного сигнала, соединен с третьим входом четвертого блока алгебраического сумматора и с третьим входом тринадцатого блока алгебраического сумматора.



RU 113097 U1

RU 113097 U1

Полезная модель относится к электротехнике и может использоваться в промышленных установках для формирования сигнала, соответствующего оптимальной по быстродействию диаграмме для средних перемещений исполнительного органа электропривода переменного тока с ограничением первой и третьей производных частоты вращения, состоящей из десяти этапов.

Аналогом разрабатываемого устройства является устройство для формирования сигнала, соответствующего оптимальной по быстродействию диаграмме для малых перемещений исполнительного органа электропривода постоянного тока, состоящей из трех этапов. /Пат. на полезную модель №32650, МПК 7 H02P 7/80. Устройство для формирования диаграмм перемещения электропривода с ограничением второй производной скорости / Ю.П.Добробаба, В.А.Мурлина, Г.А.Кошкин, С.В.Добробаба, А.Н.Благодарь // от 20.09.2003, бюл. №26/.

Аналог реализует диаграмму, состоящую из трех этапов, а необходимо устройство, формирующее диаграмму из десяти этапов.

Наиболее близким к заявляемому устройству для формирования сигнала, соответствующего оптимальной по быстродействию диаграмме для средних перемещений исполнительного органа электропривода переменного тока с ограничением первой и третьей производных частоты вращения, состоящей из десяти этапов, является устройство для формирования сигнала, соответствующего оптимальной по быстродействию диаграмме для средних перемещений исполнительного органа электропривода постоянного тока, состоящей из пяти этапов. /Пат.на полезную модель №32938, МПК 7 H02P 7/80. Устройство для формирования диаграмм перемещения электропривода с ограничениями первой и второй производных скорости / Ю.П.Добробаба, В.А.Мурлина, Г.А.Кошкин, С.В.Добробаба, М.В.Мартыненко // от 27.09.2003, бюл. №27/, которое принимается за прототип.

Прототип содержит: первый задатчик, выход которого соединен с первым входом первого пропорционального блока, выход первого пропорционального блока соединен с входом первого блока, ограничивающего значение своего входного сигнала, выход первого блока, ограничивающего значение своего входного сигнала, соединен с первым входом второго пропорционального блока, выход второго пропорционального блока соединен с входом второго блока, ограничивающего значение своего входного сигнала, выход второго блока, ограничивающего значение своего входного сигнала, соединен с входом первого интегрального блока, выход первого интегрального блока соединен с входом второго интегрального блока, с первым входом первого блока произведения и со вторым входом второго пропорционального блока, выход второго интегрального блока соединен с входом третьего интегрального блока и с первым входом второго блока произведения, выход третьего интегрального блока соединен со вторым входом первого пропорционального блока, выход второго блока произведения соединен с третьим входом первого пропорционального блока, выход первого блока произведения соединен с четвертым входом первого пропорционального блока, второй задатчик, выход которого соединен с входом блока вычисления модуля, выход блока вычисления модуля соединен с входом третьего пропорционального блока, выход третьего пропорционального блока соединен с первым блоком арифметических функций, выход первого блока арифметических функций соединен с входом блока функции возведения в степень, выход блока функции возведения в степень соединен с входом второго блока арифметических функций, выход второго блока арифметических функций соединен с входом третьего блока арифметических функций и с входом четвертого блока арифметических функций, выход третьего блока арифметических функций соединен с

входом четвертого пропорционального блока, выход четвертого блока арифметических функций соединен с входом пятого пропорционального блока, выход четвертого пропорционального блока соединен со вторым входом первого блока произведения, выход пятого пропорционального блока соединен со вторым входом второго блока произведения.

Прототип реализует сигнал, соответствующий оптимальной по быстродействию диаграмме для средних перемещений исполнительного органа электропривода постоянного тока. В математической модели электропривода с двигателем постоянного тока независимого возбуждения учитываются следующие постоянные времени:

электромагнитная постоянная времени якорной цепи; электромеханическая постоянная времени привода и механическая постоянная времени равная единице, поэтому электропривод постоянного тока описывается системой дифференциальных уравнений третьего порядка (диаграмма должна состоять минимум из трех этапов). В диаграмме, которую реализует прототип, в двух интервалах времени наступают ограничения второй производной частоты вращения исполнительного органа электропривода постоянного тока, поэтому кроме трех необходимых этапов введены два дополнительных этапа, поэтому диаграмма состоит не из трех, а из пяти этапов.

Необходимо сформировать сигнал, соответствующий оптимальной по

быстродействию диаграмме для средних перемещений исполнительного органа электропривода переменного тока с ограничением первой и третьей производных частоты вращения. В математической модели электропривода переменного тока с асинхронным двигателем учитываются следующие постоянные времени:

электромагнитная постоянная времени статора; электромагнитная постоянная времени ротора; электромеханическая постоянная времени привода и механическая постоянная времени равная единице, поэтому электропривод переменного тока описывается системой дифференциальных уравнений четвертого порядка (диаграмма должна состоять минимум из четырех этапов). В настоящее время авторы разрабатывают семь устройств, которые формируют сигналы, соответствующие семи оптимальным по быстродействию диаграммам, покрывающим весь диапазон перемещений исполнительного органа электропривода переменного тока на всем диапазоне допустимых значений третьей производной частоты вращения исполнительного органа электропривода переменного тока (ранее диапазон допустимых значений третьей производной частоты вращения исполнительного органа электропривода переменного тока был ограничен). В оптимальной по быстродействию диаграмме для малых перемещений исполнительного органа электропривода переменного тока с ограничением третьей производной частоты вращения кроме четырех необходимых этапов требуется два дополнительных этапа.

Введение двух дополнительных этапов позволило реализовать устройство для формирования сигнала, соответствующего оптимальной по быстродействию диаграмме для средних перемещений исполнительного органа электропривода переменного тока с ограничением первой и третьей производных частоты вращения. Так как в устройстве для формирования сигнала, соответствующего оптимальной по быстродействию диаграмме для средних перемещений исполнительного органа электропривода переменного тока с ограничением первой и третьей производных частоты вращения в двух интервалах времени наступает ограничение первой производной частоты вращения исполнительного органа электропривода переменного тока, поэтому необходимо введение еще четырех дополнительных этапов. В итоге диаграмма для средних перемещений исполнительного органа электропривода переменного тока с ограничением первой и третьей производных частоты вращения состоит из десяти этапов.

Задачей является разработка устройства для формирования сигнала, соответствующего оптимальной по быстродействию диаграмме для средних перемещений исполнительного органа электропривода переменного тока с ограничением первой и третьей производных частоты вращения (состоящей из десяти этапов).

5 Техническим результатом полезной модели является формирование сигнала, соответствующего заданной диаграмме перемещения исполнительного органа электропривода переменного тока.

Технический результат достигается тем, что в устройстве для формирования сигнала, соответствующего оптимальной по быстродействию диаграмме для средних
10 перемещений исполнительного органа электропривода постоянного тока разорваны все соединения и дополнительно введены первый блок алгебраического сумматора, первый вход которого соединен с выходом первого задатчика, выход первого блока алгебраического сумматора соединен с входом первого блока определения знака сигнала, выход первого блока определения знака сигнала соединен с входом первого
15 пропорционального блока, выход первого пропорционального блока соединен с первым входом второго блока алгебраического сумматора, выход второго блока алгебраического сумматора соединен с первым входом первого блока произведения, выход первого блока произведения соединен с входом первого интегрального блока, выход первого интегрального блока соединен с первым входом второго
20 блока произведения, выход второго блока произведения соединен с входом второго интегрального блока, выход второго интегрального блока соединен с первым входом третьего блока произведения, выход третьего блока произведения соединен с входом третьего интегрального блока, выход третьего интегрального блока соединен с первым
25 входом четвертого блока произведения, выход четвертого блока произведения соединен с входом четвертого интегрального блока, выход четвертого интегрального блока соединен с первым входом третьего блока алгебраического сумматора, выход первого задатчика соединен с первым входом четвертого блока алгебраического сумматора, с первым входом пятого блока алгебраического сумматора, с первым входом шестого
30 блока алгебраического сумматора, с первым входом седьмого блока алгебраического сумматора и с первым входом восьмого блока алгебраического сумматора, выход четвертого блока алгебраического сумматора соединен с входом второго блока определения знака сигнала, выход второго блока определения знака сигнала соединен с входом второго пропорционального блока, выход пятого блока алгебраического сумматора соединен с входом третьего блока определения знака сигнала, выход третьего
35 блока определения знака сигнала соединен с входом третьего пропорционального блока, выход шестого блока алгебраического сумматора соединен с входом четвертого блока определения знака сигнала, выход четвертого блока определения знака сигнала соединен с входом четвертого пропорционального блока, выход седьмого блока алгебраического сумматора соединен с входом пятого блока определения знака сигнала,
40 выход пятого блока определения знака сигнала соединен с входом пятого пропорционального блока, второй задатчик, выход которого соединен со вторым входом третьего блока алгебраического сумматора, со вторым входом восьмого блока алгебраического сумматора, с первым входом девятого блока алгебраического сумматора, с первым
45 входом одиннадцатого блока алгебраического сумматора, с первым входом двенадцатого блока алгебраического сумматора и с первым входом тринадцатого блока алгебраического сумматора, выход восьмого блока алгебраического сумматора соединен с входом шестого блока определения знака сигнала, выход шестого блока

вторым входом четвертого блока произведения, выход блока вычисления модуля соединен с входом тринадцатого пропорционального блока, выход тринадцатого пропорционального блока соединен с входом первого блока арифметических функций, выход первого блока арифметических функций соединен с входом блока функции возведения в степень, выход блока функции возведения в степень соединен с входом второго блока арифметических функций, выход второго блока арифметических функций соединен с первым входом шестого блока произведения, со вторым входом шестого блока произведения, с входом четырнадцатого пропорционального блока и с входом пятнадцатого пропорционального блока, выход четырнадцатого пропорционального блока соединен с первым входом четырнадцатого блока алгебраического сумматора, выход пятнадцатого пропорционального блока соединен с первым входом пятнадцатого блока алгебраического сумматора, выход шестого блока произведения соединен с входом шестнадцатого пропорционального блока, выход шестнадцатого пропорционального блока соединен со вторым входом четырнадцатого блока алгебраического сумматора и со вторым входом пятнадцатого блока алгебраического сумматора, выход четырнадцатого блока алгебраического сумматора соединен с входом третьего блока арифметических функций, выход пятнадцатого блока алгебраического сумматора соединен с входом четвертого блока арифметических функций, выход третьего блока арифметических функций соединен с входом семнадцатого пропорционального блока, выход четвертого блока арифметических функций соединен с входом восемнадцатого пропорционального блока, выход семнадцатого пропорционального блока соединен с первым входом седьмого блока произведения, выход восемнадцатого пропорционального блока соединен с первым входом восьмого блока произведения, выход двенадцатого блока определения знака сигнала соединен со вторым входом седьмого блока произведения и со вторым входом восьмого блока произведения, выход двенадцатого пропорционального блока соединен с третьим входом девятого блока алгебраического сумматора, выход восьмого блока произведения соединен с третьим входом седьмого блока алгебраического сумматора и с третьим входом десятого блока алгебраического сумматора, выход седьмого блока произведения соединен с третьим входом шестого блока алгебраического сумматора и с третьим входом одиннадцатого блока алгебраического сумматора, выход второго блока, ограничивающего значение своего входного сигнала, соединен с третьим входом пятого блока алгебраического сумматора и с третьим входом двенадцатого блока алгебраического сумматора, выход первого блока, ограничивающего значение своего входного сигнала, соединен с третьим входом четвертого блока алгебраического сумматора и с третьим входом тринадцатого блока алгебраического сумматора.

Предложено разделить функции устройства на логические и обнуляющие: логические блоки формируют сигнал, соответствующий диаграмме; дополнительно введенная система обнуляющих блоков обеспечивают завершение формирования сигнала. Это позволит реализовать предлагаемому устройству совместно с системой автоматического регулирования перемещения исполнительного органа электропривода высокую точности обработки заданной диаграммы движения.

Оптимальная по быстродействию диаграмма для средних перемещений исполнительного органа электропривода переменного тока с ограничением первой и третьей производных частоты вращения сформирована следующим образом. На первом, пятом, седьмом и девятом этапах третья производная частоты вращения исполнительного органа электропривода переменного тока равна максимально допустимому значению $\omega_{доп}^{(3)}$; на втором, четвертом, шестом и десятом этапах третья

производная частоты вращения исполнительного органа электропривода переменного тока равна максимально допустимому значению со знаком минус – $\omega_{\text{доп}}^{(3)}$; на третьем и восьмом этапах третья производная частоты вращения исполнительного органа электропривода переменного тока равна нулю. Длительность первого, второго, четвертого, пятого, шестого, седьмого, девятого и десятого этапов равна t_1 ; длительность третьего и восьмого этапов равна t_2 . В моменты времени t_1 и $(7t_1+2t_2)$ вторая производная частоты вращения исполнительного органа электропривода переменного тока достигает максимального значения $\omega_{\text{max}}^{(2)}$; в моменты времени $(3t_1+t_2)$ и $(5t_1+t_2)$ вторая производная частоты вращения исполнительного органа электропривода переменного тока достигает максимального значения со знаком минус – $\omega_{\text{max}}^{(2)}$. На третьем этапе первая производная частоты вращения исполнительного органа электропривода переменного тока равна максимально допустимому значению $\omega_{\text{доп}}^{(1)}$; на восьмом этапе первая производная частоты вращения исполнительного органа электропривода переменного тока равна максимально допустимому значению со знаком минус – $\omega_{\text{доп}}^{(1)}$. В момент времени $(4t_1+t_2)$ частота вращения исполнительного органа электропривода переменного тока достигает максимального значения ω_{max} . Угол поворота (перемещение) увеличивается от начального значения угла поворота $\varphi_{\text{нач}}$ до конечного значения угла поворота $\varphi_{\text{кон}}$.

Для диаграммы справедливы соотношения:

$$t_1 = \sqrt{\frac{\omega_{\text{доп}}^{(1)}}{\omega_{\text{доп}}^{(3)}}};$$

$$t_2 = \sqrt{\frac{\varphi_{\text{кон}} - \varphi_{\text{нач}}}{\omega_{\text{доп}}^{(1)}} + \frac{\omega_{\text{доп}}^{(1)}}{\omega_{\text{доп}}^{(3)}}} - 3 \cdot \sqrt{\frac{\omega_{\text{доп}}^{(1)}}{\omega_{\text{доп}}^{(3)}}}$$

$$T = 8t_1 + 2t_2;$$

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

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

Оптимальная по быстродействию диаграмма для средних перемещений исполнительного органа электропривода переменного тока с ограничением первой и третьей производных частоты вращения справедлива при выполнении условий:

$$8 \cdot \frac{[\omega_{\text{доп}}^{(1)}]^2}{\omega_{\text{доп}}^{(3)}} \leq (\varphi_{\text{кон}} - \varphi_{\text{нач}}) \quad (1)$$

$$(\varphi_{\text{кон}} - \varphi_{\text{нач}}) \leq \omega_{\text{доп}} \cdot \left[\frac{\omega_{\text{доп}}^{(1)}}{\omega_{\text{доп}}^{(3)}} + 2 \cdot \sqrt{\frac{\omega_{\text{доп}}^{(1)}}{\omega_{\text{доп}}^{(3)}}} \right]. \quad (2)$$

Если не выполняется условие (1), то необходимо перейти к оптимальной по быстродействию диаграмме для малых перемещений исполнительного органа электропривода переменного тока с ограничением третьей производной частоты вращения. Если не выполняется условие (2), то необходимо перейти к оптимальной по быстродействию диаграмме для больших перемещений исполнительного органа электропривода переменного тока с ограничением частоты вращения и ее первой и третьей производных.

На фиг.1 представлена структурная схема устройства для формирования сигнала, соответствующего оптимальной по быстродействию диаграмме для средних перемещений исполнительного органа электропривода переменного тока с ограничением первой и третьей производных частоты вращения.

5 Устройство для формирования сигнала, соответствующего оптимальной по быстродействию диаграмме для средних перемещений исполнительного органа электропривода переменного тока с ограничением первой и третьей производных частоты вращения содержит первый задатчик 1, выход которого соединен с первым входом первого блока алгебраического сумматора 2, выход первого блока алгебраического сумматора 2 соединен с входом первого блока определения знака сигнала 3, выход первого блока определения знака сигнала 3 соединен с входом первого пропорционального блока 4, выход первого пропорционального блока 4 соединен с первым входом второго блока алгебраического сумматора 5, выход второго блока алгебраического сумматора 5 соединен с первым входом первого блока произведения 6, выход первого блока произведения 6 соединен с входом первого интегрального блока 7, выход первого интегрального блока 7 соединен с первым входом второго блока произведения 11, выход второго блока произведения 11 соединен с входом второго интегрального блока 12, выход второго интегрального блока 12 соединен с первым входом третьего блока произведения 16, выход третьего блока произведения 16 соединен с входом третьего интегрального блока 17, выход третьего интегрального блока 17 соединен с первым входом четвертого блока произведения 21, выход четвертого блока произведения 21 соединен с входом четвертого интегрального блока 22, выход четвертого интегрального блока 22 соединен с первым входом третьего блока алгебраического сумматора 23, выход первого задатчика 1 соединен с первым входом четвертого блока алгебраического сумматора 8, с первым входом пятого блока алгебраического сумматора 13, с первым входом шестого блока алгебраического сумматора 18, с первым входом седьмого блока алгебраического сумматора 24 и с первым входом восьмого блока алгебраического сумматора 27, выход четвертого блока алгебраического сумматора 8 соединен с входом второго блока определения знака сигнала 9, выход второго блока определения знака сигнала 9 соединен с входом второго пропорционального блока 10, выход пятого блока алгебраического сумматора 13 соединен с входом третьего блока определения знака сигнала 14, выход третьего блока определения знака сигнала 14 соединен с входом третьего пропорционального блока 15, выход шестого блока алгебраического сумматора 18 соединен с входом четвертого блока определения знака сигнала 19, выход четвертого блока определения знака сигнала 19 соединен с входом четвертого пропорционального блока 20, выход седьмого блока алгебраического сумматора 24 соединен с входом пятого блока определения знака сигнала 25, выход пятого блока определения знака сигнала 25 соединен с входом пятого пропорционального блока 26, второй задатчик 49, выход которого соединен со вторым входом третьего блока алгебраического сумматора 23, со вторым входом восьмого блока алгебраического сумматора 27, с первым входом девятого блока алгебраического сумматора 33, с первым входом десятого блока алгебраического сумматора 38, с первым входом одиннадцатого блока алгебраического сумматора 41, с первым входом двенадцатого блока алгебраического сумматора 45 и с первым входом тринадцатого блока алгебраического сумматора 50, выход восьмого блока алгебраического сумматора 27 соединен с входом шестого блока определения знака сигнала 29, выход шестого блока определения знака сигнала 29 соединен с входом шестого пропорционального блока 30 и с первым входом пятого блока произведения

31, выход девятого блока алгебраического сумматора 33 соединен с входом седьмого блока определения знака сигнала 34, выход седьмого блока определения знака сигнала 34 соединен с входом седьмого пропорционального блока 35, выход десятого блока алгебраического сумматора 38 соединен с входом восьмого блока определения знака сигнала 39, выход восьмого блока определения знака сигнала 39 соединен с входом восьмого пропорционального блока 40, выход одиннадцатого блока алгебраического сумматора 41 соединен с входом девятого блока определения знака сигнала 42, выход девятого блока определения знака сигнала 42 соединен с входом девятого пропорционального блока 43, выход двенадцатого блока алгебраического сумматора 45 соединен с входом десятого блока определения знака сигнала 46, выход десятого блока определения знака сигнала 46 соединен с входом десятого пропорционального блока 47, выход тринадцатого блока алгебраического сумматора 50 соединен с входом одиннадцатого блока определения знака сигнала 51, выход одиннадцатого блока определения знака сигнала 51 соединен с входом одиннадцатого пропорционального блока 52, выход третьего блока алгебраического сумматора 23 соединен со вторым входом первого блока алгебраического сумматора 2, со вторым входом четвертого блока алгебраического сумматора 8, со вторым входом пятого блока алгебраического сумматора 13, со вторым входом шестого блока алгебраического сумматора 18, со вторым входом седьмого блока алгебраического сумматора 24, со вторым входом девятого блока алгебраического сумматора 33, со вторым входом десятого блока алгебраического сумматора 38, со вторым входом одиннадцатого блока алгебраического сумматора 41, со вторым входом двенадцатого блока алгебраического сумматора 45 и со вторым входом тринадцатого блока алгебраического сумматора 50, выход восьмого блока алгебраического сумматора 27 соединен с входом двенадцатого пропорционального блока 28, с входом первого блока 48, ограничивающего значение своего входного сигнала, с входом второго блока 44, ограничивающего значение своего входного сигнала, с входом блока вычисления модуля 53 и с входом двенадцатого блока определения знака сигнала 70, выход второго пропорционального блока 10 соединен со вторым входом второго блока алгебраического сумматора 5, выход третьего пропорционального блока 15 соединен с третьим входом второго блока алгебраического сумматора 5, выход четвертого пропорционального блока 20 соединен с четвертым входом второго блока алгебраического сумматора 5, выход пятого пропорционального блока 26 соединен с пятым входом второго блока алгебраического сумматора 5, выход шестого пропорционального блока 30 соединен с шестым входом второго блока алгебраического сумматора 5, выход седьмого пропорционального блока 35 соединен с седьмым входом второго блока алгебраического сумматора 5 и с входом пятого интегрального блока 36, выход восьмого пропорционального блока 40 соединен с восьмым входом второго блока алгебраического сумматора 5, выход девятого пропорционального блока 43 соединен с девятым входом второго блока алгебраического сумматора 5, выход десятого пропорционального блока 47 соединен с десятым входом второго блока алгебраического сумматора 5, выход одиннадцатого пропорционального блока 52 соединен с одиннадцатым входом второго блока алгебраического сумматора 5, выход пятого интегрального блока 36 соединен с входом тринадцатого блока определения знака сигнала 37, выход тринадцатого блока определения знака сигнала 37 соединен со вторым входом пятого блока произведения 31, выход пятого блока произведения 31 соединен с входом блока сравнения с нулем 32, выход блока сравнения с нулем 32 соединен со вторым входом первого блока произведения 6, со вторым входом второго блока произведения 11, со вторым входом

третьего блока произведения 16 и со вторым входом четвертого блока произведения 21, выход блока вычисления модуля 53 соединен с входом тринадцатого пропорционального блока 54, выход тринадцатого пропорционального блока 54 соединен с входом первого блока арифметических функций 55, выход первого блока арифметических функций 55 соединен с входом блока функции возведения в степень 56, выход блока функции возведения в степень 56 соединен с входом второго блока арифметических функций 57, выход второго блока арифметических функций 57 соединен с первым входом шестого блока произведения 58, со вторым входом шестого блока произведения 58, с входом четырнадцатого пропорционального блока 60 и с входом пятнадцатого пропорционального блока 65, выход четырнадцатого пропорционального блока 60 соединен с первым входом четырнадцатого блока алгебраического сумматора 61, выход пятнадцатого пропорционального блока 65 соединен с первым входом пятнадцатого блока алгебраического сумматора 66, выход шестого блока произведения 58 соединен с входом шестнадцатого пропорционального блока 59, выход шестнадцатого пропорционального блока 59 соединен со вторым входом четырнадцатого блока алгебраического сумматора 61 и со вторым входом пятнадцатого блока алгебраического сумматора 66, выход четырнадцатого блока алгебраического сумматора 61 соединен с входом третьего блока арифметических функций 62, выход пятнадцатого блока алгебраического сумматора 66 соединен с входом четвертого блока арифметических функций 67, выход третьего блока арифметических функций 62 соединен с входом семнадцатого пропорционального блока 63, выход четвертого блока арифметических функций 67 соединен с входом восемнадцатого пропорционального блока 68, выход семнадцатого пропорционального блока 63 соединен с первым входом седьмого блока произведения 64, выход восемнадцатого пропорционального блока 68 соединен с первым входом восьмого блока произведения 69, выход двенадцатого блока определения знака сигнала 70 соединен со вторым входом седьмого блока произведения 64 и со вторым входом восьмого блока произведения 69, выход двенадцатого пропорционального блока 28 соединен с третьим входом девятого блока алгебраического сумматора 33, выход восьмого блока произведения 69 соединен с третьим входом седьмого блока алгебраического сумматора 24 и с третьим входом десятого блока алгебраического сумматора 38, выход седьмого блока произведения 64 соединен с третьим входом шестого блока алгебраического сумматора 18 и с третьим входом одиннадцатого блока алгебраического сумматора 41, выход второго блока 44, ограничивающего значение своего входного сигнала, соединен с третьим входом пятого блока алгебраического сумматора 13 и с третьим входом двенадцатого блока алгебраического сумматора 45, выход первого блока 48, ограничивающего значение своего входного сигнала, соединен с третьим входом четвертого блока алгебраического сумматора 8 и с третьим входом тринадцатого блока алгебраического сумматора 50.

Устройство для формирования сигнала, соответствующего оптимальной по быстродействию диаграмме для средних перемещений исполнительного органа электропривода переменного тока с ограничением первой и третьей производных частоты вращения работает следующим образом.

Первый задатчик 1 формирует сигнал равный конечному значению угла поворота исполнительного органа электропривода $\varphi_{\text{кон}}$. Второй задатчик 49 формирует сигнал равный начальному значению угла поворота исполнительного органа электропривода $\varphi_{\text{нач}}$. На входы восьмого блока алгебраического сумматора 27 поступают сигналы: со знаком плюс с первого задатчика 1, равный конечному значению угла поворота

исполнительного органа электропривода $\varphi_{\text{кон}}$; со знаком минус со второго задатчика 49, равный начальному значению угла поворота исполнительного органа электропривода $\varphi_{\text{нач}}$. Сумма двух сигналов, поступающих на входы восьмого блока алгебраического сумматора 27 с первого задатчика 1 и со второго задатчика 49, равна 5 ($\varphi_{\text{кон}} - \varphi_{\text{нач}}$). На вход блока вычисления модуля 53 поступает сигнал с восьмого блока алгебраического сумматора 27, равный величине ($\varphi_{\text{кон}} - \varphi_{\text{нач}}$). С выхода блока вычисления модуля 53 сигнал, равный $|\varphi_{\text{кон}} - \varphi_{\text{нач}}|$, поступает на вход тринадцатого пропорционального блока 54. С выхода тринадцатого пропорционального блока 54 10 сигнал, равный $\frac{1}{\omega_{\text{доп}}^{(1)}} \cdot |\varphi_{\text{кон}} - \varphi_{\text{нач}}|$, поступает на вход первого блока арифметических функций 55. С выхода первого блока арифметических функций 55 сигнал, равный 15 $\frac{|\varphi_{\text{кон}} - \varphi_{\text{нач}}|}{\omega_{\text{доп}}^{(1)}} + t_1^2$, поступает на вход блока функции возведения в степень 56. С выхода блока функции возведения в степень 56 сигнал, равный $\sqrt{\frac{|\varphi_{\text{кон}} - \varphi_{\text{нач}}|}{\omega_{\text{доп}}^{(1)}} + t_1^2}$, поступает 20 на вход второго блока арифметических функций 57. С выхода второго блока арифметических функций 57 сигнал, равный $t_2 = \sqrt{\frac{|\varphi_{\text{кон}} - \varphi_{\text{нач}}|}{\omega_{\text{доп}}^{(1)}} + t_1^2} - 3t_1$, поступает: на первый вход шестого блока произведения 58; на второй вход шестого блока 25 произведения 58; на вход четырнадцатого пропорционального блока 60; на вход пятнадцатого пропорционального блока 65. С выхода шестого блока произведения 58 сигнал, равный t_2^2 поступает на вход шестнадцатого пропорционального блока 59. С выхода четырнадцатого пропорционального блока 60 сигнал, равный $t_1^3 t_2$, поступает на первый вход четырнадцатого блока алгебраического сумматора 61. С выхода 30 пятнадцатого пропорционального блока 65 сигнал, равный $2t_1^3 t_2$, поступает на первый вход пятнадцатого блока алгебраического сумматора 66. С выхода шестнадцатого пропорционального блока 59 сигнал, равный $\frac{1}{2} t_1^2 t_2^2$, поступает: со знаком плюс на 35 второй вход четырнадцатого блока алгебраического сумматора 61; со знаком плюс на второй вход пятнадцатого блока алгебраического сумматора 66. С выхода четырнадцатого блока алгебраического сумматора 61 сигнал, равный $t_1^3 t_2 + \frac{1}{2} t_1^2 t_2^2$, поступает на вход третьего блока арифметических функций 62. С выхода пятнадцатого 40 блока алгебраического сумматора 66 сигнал, равный $2t_1^3 t_2 + \frac{1}{2} t_1^2 t_2^2$, поступает на вход четвертого блока арифметических функций 67. С выхода третьего блока арифметических функций 62 сигнал, равный $\frac{7}{12} t_1^4 + t_1^3 t_2 + \frac{1}{2} t_1^2 t_2^2$, поступает на вход семнадцатого 45 пропорционального блока 63. С выхода четвертого блока арифметических функций 67 сигнал, равный $\frac{49}{24} t_1^4 + 2t_1^3 t_2 + \frac{1}{2} t_1^2 t_2^2$, поступает на вход восемнадцатого пропорционального блока 68. С выхода семнадцатого пропорционального блока 63

сигнал, равный $\Delta\varphi_3 = \omega_{доп}^{(3)} \cdot \left[\frac{7}{12} t_1^4 + t_1^3 t_2 + \frac{1}{2} t_1^2 t_2^2 \right]$, поступает на первый вход седьмого блока произведения 64. С выхода восемнадцатого пропорционального блока 68 сигнал,

5 равный $\Delta\varphi_4 = \omega_{доп}^{(3)} \cdot \left[\frac{49}{24} t_1^4 + 2t_1^3 t_2 + \frac{1}{2} t_1^2 t_2^2 \right]$, поступает на первый вход восьмого блока произведения 69. С выхода двенадцатого блока определения знака сигнала 70 сигнал, равный ± 1 , поступает: на второй вход седьмого блока произведения 64; на второй вход восьмого блока произведения 69. На входы первого блока алгебраического сумматора 2 поступают сигналы: со знаком плюс с первого задатчика 1, равный
10 конечному значению угла поворота исполнительного органа электропривода $\varphi_{кон}$ и отрицательной обратной связи по углу поворота исполнительного органа электропривода с коэффициентом равным единице. Первый блок определения знака сигнала 3 определяет знак сигнала, поступающего с первого блока алгебраического сумматора 2. Первый пропорциональный блок 4 усиливает сигнал, поступающий с
15 первого блока определения знака сигнала 3, до величины $\omega_{доп}^{(3)}$. На входы четвертого блока алгебраического сумматора 8 поступают сигналы: со знаком плюс с первого задатчика 1, равный конечному значению угла поворота исполнительного органа электропривода $\varphi_{кон}$; отрицательной обратной связи по углу поворота исполнительного
20 органа электропривода с коэффициентом равным единице; со знаком минус с первого блока 48, ограничивающего значение своего входного сигнала, равный величине

$\frac{1}{24} \omega_{доп}^{(3)} \cdot t_1^4$. Сумма двух сигналов, поступающих на входы четвертого блока

25 алгебраического сумматора 8 с первого задатчика 1 и первого блока 48, ограничивающего значение своего входного сигнала, равна величине угла поворота исполнительного органа электропривода в конце девятого этапа

$\varphi_9 = \varphi_{кон} \mp \frac{1}{24} \omega_{доп}^{(3)} \cdot t_1^4$. Второй блок определения знака сигнала 9 определяет знак

30 сигнала, поступающего с четвертого блока алгебраического сумматора 8. Второй пропорциональный блок 10 усиливает сигнал, поступающий со второго блока определения знака сигнала 9, до величины $\omega_{доп}^{(3)}$. На входы пятого блока алгебраического сумматора 13 поступают сигналы: со знаком плюс с первого задатчика 1, равный
35 конечному значению угла поворота исполнительного органа электропривода $\varphi_{кон}$; отрицательной обратной связи по углу поворота исполнительного органа электропривода с коэффициентом равным единице; со знаком минус со второго блока 44, ограничивающего значение своего входного сигнала, равный величине $\frac{7}{12} \omega_{доп}^{(3)} \cdot t_1^4$.

40 Сумма двух сигналов, поступающих на входы пятого блока алгебраического сумматора 13 с первого задатчика 1 и второго блока 44, ограничивающего значение своего входного сигнала, равна величине угла поворота исполнительного органа

электропривода в конце восьмого этапа $\varphi_8 = \varphi_{кон} \mp \frac{7}{12} \omega_{доп}^{(3)} \cdot t_1^4$. Третий блок

45 определения знака сигнала 14 определяет знак сигнала, поступающего с пятого блока алгебраического сумматора 13. Третий пропорциональный блок 15 усиливает сигнал, поступающий с третьего блока определения знака сигнала 14, до величины $\frac{1}{2} \omega_{доп}^{(3)}$. На

выходе шестого блока алгебраического сумматора 18 поступают сигналы: со знаком плюс с первого задатчика 1, равный конечному значению угла поворота исполнительного органа электропривода $\varphi_{\text{кон}}$; отрицательной обратной связи по углу поворота исполнительного органа электропривода с коэффициентом равным единице;

со знаком минус с седьмого блока произведения 64, равный величине

$$\omega_{\text{доп}}^{(3)} \cdot \left[\frac{7}{12} t_1^4 + t_1^3 t_2 + \frac{1}{2} t_1^2 t_2^2 \right].$$

Сумма двух сигналов, поступающих на входы шестого блока алгебраического сумматора 18 с первого задатчика 1 и седьмого блока

произведения 64, равна величине угла поворота исполнительного органа электропривода в конце седьмого этапа $\varphi_7 = \varphi_{\text{кон}} \mp \omega_{\text{доп}}^{(3)} \cdot \left[\frac{7}{12} t_1^4 + t_1^3 t_2 + \frac{1}{2} t_1^2 t_2^2 \right]$. Четвертый блок

определения знака сигнала 19 определяет знак сигнала, поступающего с шестого блока алгебраического сумматора 18. Четвертый пропорциональный блок 20 усиливает

сигнал, поступающий с четвертого блока определения знака сигнала 19, до величины

$$\frac{1}{2} \omega_{\text{доп}}^{(3)}.$$

На входы седьмого блока алгебраического сумматора 24 поступают сигналы: со знаком плюс с первого задатчика 1, равный конечному значению угла поворота

исполнительного органа электропривода $\varphi_{\text{кон}}$; отрицательной обратной связи по углу поворота исполнительного органа электропривода с коэффициентом равным единице;

со знаком минус с восьмого блока произведения 69, равный величине

$$\omega_{\text{доп}}^{(3)} \cdot \left[\frac{49}{24} t_1^4 + 2t_1^3 t_2 + \frac{1}{2} t_1^2 t_2^2 \right].$$

Сумма двух сигналов, поступающих на входы седьмого блока алгебраического сумматора 24 с первого задатчика 1 и с восьмого блока

произведения 69, равна величине угла поворота исполнительного органа электропривода в конце шестого этапа $\varphi_6 = \varphi_{\text{кон}} \mp \omega_{\text{доп}}^{(3)} \cdot \left[\frac{49}{24} t_1^4 + 2t_1^3 t_2 + \frac{1}{2} t_1^2 t_2^2 \right]$. Пятый блок

определения знака сигнала 25 определяет знак сигнала, поступающего с седьмого блока алгебраического сумматора 24. Пятый пропорциональный блок 26 усиливает сигнал,

поступающий с пятого блока определения знака сигнала 25, до величины $\omega_{\text{доп}}^{(3)}$. Шестой блок определения знака сигнала 29 определяет знак сигнала, поступающего с восьмого

блока алгебраического сумматора 27. Шестой пропорциональный блок 30 усиливает

сигнал, поступающий с шестого блока определения знака сигнала 29, до величины $\omega_{\text{доп}}^{(3)}$. На входы девятого блока алгебраического сумматора 33 поступают сигналы: со знаком

плюс со второго задатчика 49, равный начальному значению угла поворота исполнительного органа электропривода $\varphi_{\text{нач}}$; отрицательной обратной связи по углу

поворота исполнительного органа электропривода с коэффициентом равным единице;

со знаком минус с двенадцатого пропорционального блока 28, равный величине

$$\frac{1}{2} (\varphi_{\text{кон}} - \varphi_{\text{нач}}).$$

Сумма двух сигналов, поступающих на входы девятого блока алгебраического сумматора 33 со второго задатчика 49 и с двенадцатого

пропорционального блока 28, равна величине угла поворота исполнительного органа электропривода в конце пятого этапа $\varphi_5 = \frac{1}{2} (\varphi_{\text{кон}} - \varphi_{\text{нач}})$. Седьмой блок определения

знака сигнала 34 определяет знак сигнала, поступающего с девятого блока алгебраического сумматора 33. Седьмой пропорциональный блок 35 усиливает сигнал,

поступающий с седьмого блока определения знака сигнала 34, до величины $\omega_{доп}^{(3)}$. На входы десятого блока алгебраического сумматора 38 поступают сигналы: со знаком плюс со второго задатчика 49, равный начальному значению угла поворота исполнительного органа электропривода $\varphi_{нач}$; отрицательной обратной связи по углу поворота исполнительного органа электропривода с коэффициентом равным единице; со знаком плюс с восьмого блока произведения 69, равный величине

$\omega_{доп}^{(3)} \cdot \left[\frac{49}{24} t_1^4 + 2t_1^3 t_2 + \frac{1}{2} t_1^2 t_2^2 \right]$. Сумма двух сигналов, поступающих на входы десятого

блока алгебраического сумматора 38 со второго задатчика 49 и с восьмого блока произведения 69, равна величине угла поворота исполнительного органа электропривода

в конце четвертого этапа $\varphi_4 = \varphi_{нач} \pm \omega_{доп}^{(3)} \cdot \left[\frac{49}{24} t_1^4 + 2t_1^3 t_2 + \frac{1}{2} t_1^2 t_2^2 \right]$. Восьмой блок

определения знака сигнала 39 определяет знак сигнала, поступающего с десятого блока алгебраического сумматора 38. Восьмой пропорциональный блок 40 усиливает сигнал,

поступающий с восьмого блока определения знака сигнала 39, до величины $\omega_{доп}^{(3)}$. На

входы одиннадцатого блока алгебраического сумматора 41 поступают сигналы: со знаком плюс со второго задатчика 49, равный начальному значению угла поворота

исполнительного органа электропривода $\varphi_{нач}$; отрицательной обратной связи по углу поворота исполнительного органа электропривода с коэффициентом равным единице; со знаком плюс с седьмого блока произведения 64, равный величине

$\omega_{доп}^{(3)} \cdot \left[\frac{7}{12} t_1^4 + t_1^3 t_2 + \frac{1}{2} t_1^2 t_2^2 \right]$. Сумма двух сигналов, поступающих на входы

одиннадцатого блока алгебраического сумматора 41 со второго задатчика 49 и с седьмого блока произведения 64, равна величине угла поворота исполнительного органа электропривода в конце третьего этапа

$\varphi_3 = \varphi_{нач} \pm \omega_{доп}^{(3)} \cdot \left[\frac{7}{12} t_1^4 + t_1^3 t_2 + \frac{1}{2} t_1^2 t_2^2 \right]$. Девятый блок определения знака сигнала

42 определяет знак сигнала, поступающего с одиннадцатого блока алгебраического сумматора 41. Девятый пропорциональный блок 43 усиливает сигнал, поступающий с

девятого блока определения знака сигнала 42, до величины $\frac{1}{2} \omega_{доп}^{(3)}$. На входы

двенадцатого блока алгебраического сумматора 45 поступают сигналы: со знаком плюс со второго задатчика 49, равный начальному значению угла поворота исполнительного органа электропривода $\varphi_{нач}$; отрицательной обратной связи по углу поворота исполнительного органа электропривода с коэффициентом равным единице; со знаком плюс со второго блока 44, ограничивающего значение своего входного

сигнала, равный величине $\frac{7}{12} \omega_{доп}^{(3)} \cdot t_1^4$. Сумма двух сигналов, поступающих на входы

двенадцатого блока алгебраического сумматора 45 со второго задатчика 49 и со второго блока 44, ограничивающего значение своего входного сигнала, равна величине угла поворота исполнительного органа электропривода в конце второго этапа

$\varphi_2 = \varphi_{нач} \pm \frac{7}{12} \omega_{доп}^{(3)} \cdot t_1^4$. Десятый блок определения знака сигнала 46 определяет знак

сигнала, поступающего с двенадцатого блока алгебраического сумматора 45. Десятый пропорциональный блок 47 усиливает сигнал, поступающий с десятого блока

определения знака сигнала 46, до величины $\frac{1}{2} \omega_{доп}^{(3)}$. На входы тринадцатого блока алгебраического сумматора 50 поступают сигналы: со знаком плюс со второго задатчика 49, равный начальному значению угла поворота исполнительного органа электропривода $\varphi_{нач}$; отрицательной обратной связи по углу поворота исполнительного органа электропривода с коэффициентом равным единице; со знаком плюс с первого блока 48, ограничивающего значение своего входного сигнала, равный величине $\frac{1}{24} \omega_{доп}^{(3)} \cdot t_1^4$. Сумма двух сигналов, поступающих на входы тринадцатого блока алгебраического сумматора 50 со второго задатчика 49 и с первого блока 48, ограничивающего значение своего входного сигнала, равна величине угла поворота исполнительного органа электропривода в конце первого этапа $\varphi_1 = \varphi_{нач} \pm \frac{1}{24} \omega_{доп}^{(3)} \cdot t_1^4$.

Одиннадцатый блок определения знака сигнала 51 определяет знак сигнала, поступающего с тринадцатого блока алгебраического сумматора 50. Одиннадцатый пропорциональный блок 52 усиливает сигнал, поступающий с одиннадцатого блока определения знака сигнала 51, до величины $\omega_{доп}^{(3)}$. На выходы второго блока алгебраического сумматора 5 поступают сигналы: со знаком минус с первого пропорционального блока 4; со знаком плюс со второго пропорционального блока 10; со знаком минус с третьего пропорционального блока 15; со знаком плюс с четвертого пропорционального блока 20; со знаком минус с пятого пропорционального блока 26; со знаком плюс с шестого пропорционального блока 30; со знаком плюс с седьмого пропорционального блока 35; со знаком минус с восьмого пропорционального блока 40; со знаком плюс с девятого пропорционального блока 43; со знаком минус с десятого пропорционального блока 47; со знаком плюс с одиннадцатого пропорционального блока 52. Пятый интегральный блок 36 интегрирует сигнал, поступающий с седьмого пропорционального блока 35. Тринадцатый блок определения знака сигнала 37 определяет знак сигнала, поступающего с пятого интегрального блока 36. На вход блока сравнения с нулем 32 поступает произведение сигналов: с шестого блока определения знака сигнала 29; с тринадцатого блока определения знака сигнала 37 (произведение реализует пятый блок произведения 31). На выходе второго блока алгебраического сумматора 5 формируется зависимость третьей производной частоты вращения исполнительного органа электропривода от времени $\omega^{(3)}(t)$. На вход первого интегрального блока 7 поступает произведение сигналов: со второго блока алгебраического сумматора 5 и с блока сравнения с нулем 32 (произведение реализует первый блок произведения 6). Первый интегральный блок 7 интегрирует зависимость третьей производной частоты вращения исполнительного органа электропривода от времени $\omega^{(3)}(t)$ и формирует зависимость второй производной частоты вращения исполнительного органа электропривода от времени $\omega^{(2)}(t)$ $\omega^{(3)}(t)$. На вход второго интегрального блока 12 поступает произведение сигналов: с первого интегрального блока 7 и с блока сравнения с нулем 32 (произведение реализует второй блок произведения 11). Второй интегральный блок 12 интегрирует зависимость второй производной частоты вращения исполнительного органа электропривода от времени $\omega^{(2)}(t)$ и формирует зависимость первой производной частоты вращения исполнительного органа электропривода от времени $\omega^{(1)}(t)$. На вход третьего интегрального блока 17

поступает произведение сигналов: со второго интегрального блока 12 и с блока сравнения с нулем 32 (произведение реализует третий блок произведения 16). Третий интегральный блок 17 интегрирует зависимость первой производной частоты вращения исполнительного органа электропривода от времени $\omega^{(1)}(t)$ и формирует зависимость частоты вращения исполнительного органа электропривода от времени $\omega(t)$. На вход четвертого интегрального блока 22 поступает произведение сигналов: с третьего интегрального блока 17 и с блока сравнения с нулем 32 (произведение реализует четвертый блок произведения 21). Четвертый интегральный блок 22 интегрирует зависимость частоты вращения исполнительного органа электропривода от времени $\omega(t)$. На входы третьего блока алгебраического сумматора 23 поступают сигналы: со знаком плюс с выхода четвертого интегрального блока 22 и со знаком плюс со второго задатчика 49. На выходе третьего блока алгебраического сумматора 23 формируется зависимость угла поворота исполнительного органа электропривода от времени $\omega(t)$.

При увеличении угла поворота исполнительного органа электропривода выполняется условие $\varphi_{\text{кон}} > \varphi_{\text{нач}}$. При этом в интервале времени $0 < t < t_1$ угол поворота исполнительного органа электропривода меньше конечного значения угла поворота $\varphi_{\text{кон}} < \varphi_{\text{кон}}$, поэтому выходной сигнал первого пропорционального блока 4 равен $\alpha_{\text{доп}}^{(3)}$; угол поворота исполнительного органа электропривода меньше значения угла поворота в конце девятого этапа $\varphi < \varphi_9$, поэтому выходной сигнал второго пропорционального блока 10 равен $\alpha_{\text{доп}}^{(3)}$; угол поворота исполнительного органа электропривода меньше значения угла поворота в конце восьмого этапа $\varphi < \varphi_8$, поэтому выходной сигнал третьего

пропорционального блока 15 равен $\frac{1}{2} \alpha_{\text{доп}}^{(3)}$; угол поворота исполнительного органа электропривода меньше значения угла поворота в конце седьмого этапа $\varphi < \varphi_7$, поэтому

выходной сигнал четвертого пропорционального блока 20 равен $\frac{1}{2} \alpha_{\text{доп}}^{(3)}$; угол поворота

исполнительного органа электропривода меньше значения угла поворота в конце шестого этапа $\varphi < \varphi_6$, поэтому выходной сигнал пятого пропорционального блока 26 равен $\alpha_{\text{доп}}^{(3)}$; угол поворота исполнительного органа электропривода меньше значения угла поворота в конце пятого этапа $\varphi < \varphi_5$ поэтому выходной сигнал седьмого

пропорционального блока 35 равен $\alpha_{\text{доп}}^{(3)}$; угол поворота исполнительного органа электропривода меньше значения угла поворота в конце четвертого этапа $\varphi < \varphi_4$ поэтому

выходной сигнал восьмого пропорционального блока 40 равен $\alpha_{\text{доп}}^{(3)}$; угол поворота исполнительного органа электропривода меньше значения угла поворота в конце третьего этапа $\varphi < \varphi_3$, поэтому выходной сигнал девятого пропорционального блока

43 равен $\frac{1}{2} \alpha_{\text{доп}}^{(3)}$; угол поворота исполнительного органа электропривода меньше значения угла поворота в конце второго этапа $\varphi < \varphi_2$, поэтому выходной сигнал десятого

пропорционального блока 47 равен $\frac{1}{2} \alpha_{\text{доп}}^{(3)}$; угол поворота исполнительного органа электропривода меньше значения угла поворота в конце первого этапа $\varphi < \varphi_1$, поэтому

выходной сигнал одиннадцатого пропорционального блока 52 равен $\alpha_{\text{доп}}^{(3)}$. Выходной

сигналы: шестого блока определения знака сигнала 29 равен единице; шестого пропорционального блока 30 равен $\omega_{доп}^{(3)}$; второго блока алгебраического сумматора 5 равен $\omega_{доп}^{(3)}$. В момент времени $t=t_1$ $\varphi=\varphi_1$, поэтому сумма входных сигналов

5 тринадцатого блока алгебраического сумматора 50 меняет свой знак с плюса на минус и происходит переключение в одиннадцатом блоке определения знака сигнала 51. В интервале времени $t_1 < t < 2t_1$ выходной сигнал одиннадцатого пропорционального блока 52 равен $-\omega_{доп}^{(3)}$; выходной сигнал второго блока алгебраического сумматора 5 равен

10 $-\omega_{доп}^{(3)}$. В момент времени $t=2t_1$ $\varphi=\varphi_2$, поэтому сумма входных сигналов двенадцатого блока алгебраического сумматора 45 меняет свой знак с плюса на минус и происходит переключение в десятом блоке определения знака сигнала 46. В интервале времени $2t_1 < t < (2t_1+t_2)$ выходной сигнал десятого пропорционального блока 47 равен $-\frac{1}{2}\omega_{доп}^{(3)}$;

15 выходной сигнал второго блока алгебраического сумматора 5 равен 0. В момент времени $t=(2t_1+t_2)$ $\varphi=\varphi_3$, поэтому сумма входных сигналов одиннадцатого блока алгебраического сумматора 41 меняет свой знак с плюса на минус и происходит переключение в девятом блоке определения знака сигнала 42. В интервале времени

20 $(2t_1+t_2) < t < (3t_1+t_2)$ выходной сигнал девятого пропорционального блока 43 равен $-\frac{1}{2}\omega_{доп}^{(3)}$; выходной сигнал второго блока алгебраического сумматора 5 равен $-\omega_{доп}^{(3)}$. В момент времени $t=(3t_1+t_2)$ $\varphi=\varphi_4$, поэтому сумма входных сигналов десятого блока алгебраического сумматора 38 меняет свой знак с плюса на минус и происходит

25 переключение в восьмом блоке определения знака сигнала 39. В интервале времени $(3t_1+t_2) < t < (4t_1+t_2)$ выходной сигнал восьмого пропорционального блока 40 равен $-\omega_{доп}^{(3)}$; выходной сигнал второго блока алгебраического сумматора 5 равен $\omega_{доп}^{(3)}$. В момент времени $t=(4t_1+t_2)$ $\varphi=\varphi_5$, поэтому сумма входных сигналов девятого блока

30 алгебраического сумматора 33 меняет свой знак с плюса на минус и происходит переключение в седьмом блоке определения знака сигнала 34. В интервале времени $(4t_1+t_2) < t < (5t_1+t_2)$ выходной сигнал седьмого пропорционального блока 35 равен $-\omega_{доп}^{(3)}$; выходной сигнал второго блока алгебраического сумматора 5 равен $-\omega_{доп}^{(3)}$. В момент

35 времени $t=(5t_1+t_2)$ $\varphi=\varphi_6$, поэтому сумма входных сигналов седьмого блока алгебраического сумматора 24 меняет свой знак с плюса на минус и происходит переключение в пятом блоке определения знака сигнала 25. В интервале времени $(5t_1+t_2) < t < (6t_1+t_2)$ выходной сигнал пятого пропорционального блока 26 равен $-\omega_{доп}^{(3)}$;

40 выходной сигнал второго блока алгебраического сумматора 5 равен $\omega_{доп}^{(3)}$. В момент времени $t=(6t_1+t_2)$ $\varphi=\varphi_7$, поэтому сумма входных сигналов шестого блока алгебраического сумматора 18 меняет свой знак с плюса на минус и происходит переключение в четвертом блоке определения знака сигнала 19. В интервале времени $(6t_1+t_2) < t < (6t_1+2t_2)$ выходной сигнал четвертого пропорционального блока 20 равен

45 $-\frac{1}{2}\omega_{доп}^{(3)}$; выходной сигнал второго блока алгебраического сумматора 5 равен 0. В момент времени $t=[6t_1+2t_2)$ $\varphi=\varphi_8$, поэтому сумма входных сигналов пятого блока

алгебраического сумматора 13 меняет свой знак с плюса на минус и происходит переключение в третьем блоке определения знака сигнала 14. В интервале времени $(6t_1+2t_2)<t<(7t_1+2t_2)$ выходной сигнал третьего пропорционального блока 15 равен

5 $-\frac{1}{2}\omega_{доп}^{(3)}$; выходной сигнал второго блока алгебраического сумматора 5 равен $\omega_{доп}^{(3)}$. В

момент времени $t=(7t_1+2t_2)$ $\varphi=\varphi_9$, поэтому сумма входных сигналов четвертого блока алгебраического сумматора 8 меняет свой знак с плюса на минус и происходит переключение во втором блоке определения знака сигнала 9. В интервале времени

10 $(7t_1+2t_2)<t<(8t_1+2t_2)$ выходной сигнал второго пропорционального блока 10 равен $-\omega_{доп}^{(3)}$; выходной сигнал второго блока алгебраического сумматора 5 равен $-\omega_{доп}^{(3)}$. В

момент времени $t=(8t_1+2t_2)$ $\varphi=\varphi_{кон}$, поэтому сумма входных сигналов первого блока алгебраического сумматора 2 равна нулю и происходит переключение в первом блоке определения знака сигнала 3. Выходной сигнал первого пропорционального блока 4

15 равен нулю; выходной сигнал второго блока алгебраического сумматора 5 равен нулю. Выходной сигнал пятого интегрального блока 36 меняет свой знак с плюса на минус, происходит переключение в тринадцатом блоке определения знака сигнала 37. Входной

сигнал пятого блока произведения 31 меняет свой знак с плюса на минус, блок сравнения с нулем 32 меняет свое значение с единицы на нуль. В интервале времени $t\geq 8t_1+2t_2$)

20 выходные сигналы первого блока произведения 6, второго блока произведения 11, третьего блока произведения 16 и четвертого блока произведения 21 равны нулю. Использование системы обнуляющих блоков позволяет устранить накапливаемую ошибку вычислений при многократном интегрировании.

Использование системы обнуляющих блоков позволяет устранить накапливаемую ошибку вычислений при многократном интегрировании.

25 В описании рассмотрен вариант, при котором увеличивается угол поворота исполнительного органа электропривода ($\varphi_{кон}>\varphi_{нач}$). Заявляемое устройство обеспечивает формирование сигнала, соответствующего оптимальной по быстродействию диаграмме для средних перемещений исполнительного органа электропривода переменного тока с ограничением первой и третьей производных

30 частоты вращения и при уменьшении угла поворота исполнительного органа электропривода ($\varphi_{кон}<\varphi_{нач}$).

Предлагаемое устройство качественно обеспечивает формирование сигнала, соответствующего оптимальной по быстродействию диаграмме для средних перемещений исполнительного органа электропривода переменного тока с ограничением

35 первой и третьей производных частоты вращения.

Точность формирования сигнала, соответствующего оптимальной по быстродействию диаграмме для средних перемещений исполнительного органа электропривода переменного тока с ограничением первой и третьей производных частоты вращения не зависит от задания на перемещение.

40 Разработано, реализовано и экспериментально исследовано устройство на базе программируемого контроллера, для формирования сигнала, соответствующего оптимальной по быстродействию диаграмме для средних перемещений исполнительного органа электропривода переменного тока с ограничением первой и третьей производных частоты вращения.

45

(57) Реферат

Полезная модель направлена на устройство для формирования сигнала, соответствующего оптимальной по быстродействию диаграмме для средних

перемещений исполнительного органа электропривода переменного тока с ограничением первой и третьей производных частоты вращения и позволяющее совместно с системой автоматического регулирования перемещения исполнительного органа электропривода достичь высокой точности отработки заданной диаграммы движения.

5 Технический результат достигается в устройстве для формирования сигнала, соответствующего оптимальной по быстродействию диаграмме для средних перемещений исполнительного органа электропривода переменного тока с ограничением первой и третьей производных частоты вращения тем, что содержит первый задатчик, выход которого соединен с первым входом первого блока алгебраического сумматора, 10 выход первого блока алгебраического сумматора соединен с входом первого блока определения знака сигнала, выход первого блока определения знака сигнала соединен с входом первого пропорционального блока, выход первого пропорционального блока соединен с первым входом второго блока алгебраического сумматора, выход второго блока алгебраического сумматора соединен с первым входом первого блока 15 произведения, выход первого блока произведения соединен с входом первого интегрального блока, выход первого интегрального блока соединен с первым входом второго блока произведения, выход второго блока произведения соединен с входом второго интегрального блока, выход второго интегрального блока соединен с первым входом третьего блока произведения, выход третьего блока произведения соединен с 20 входом третьего интегрального блока, выход третьего интегрального блока соединен с первым входом четвертого блока произведения, выход четвертого блока произведения соединен с входом четвертого интегрального блока, выход четвертого интегрального блока соединен с первым входом третьего блока алгебраического сумматора, выход первого задатчика соединен с первым входом четвертого блока алгебраического 25 сумматора, с первым входом пятого блока алгебраического сумматора, с первым входом шестого блока алгебраического сумматора, с первым входом седьмого блока алгебраического сумматора и с первым входом восьмого блока алгебраического сумматора, выход четвертого блока алгебраического сумматора соединен с входом второго блока определения знака сигнала, выход второго блока определения знака 30 сигнала соединен с входом второго пропорционального блока, выход пятого блока алгебраического сумматора соединен с входом третьего блока определения знака сигнала, выход третьего блока определения знака сигнала соединен с входом третьего пропорционального блока, выход шестого блока алгебраического сумматора соединен с входом четвертого блока определения знака сигнала, выход четвертого блока 35 определения знака сигнала соединен с входом четвертого пропорционального блока, выход седьмого блока алгебраического сумматора соединен с входом пятого блока определения знака сигнала, выход пятого блока определения знака сигнала соединен с входом пятого пропорционального блока, второй задатчик, выход которого соединен со вторым входом третьего блока алгебраического сумматора, со вторым входом 40 восьмого блока алгебраического сумматора, с первым входом девятого блока алгебраического сумматора, с первым входом десятого блока алгебраического сумматора, с первым входом одиннадцатого блока алгебраического сумматора, с первым входом двенадцатого блока алгебраического сумматора и с первым входом тринадцатого блока алгебраического сумматора, выход восьмого блока алгебраического сумматора соединен с входом шестого блока определения знака сигнала, выход шестого 45 блока определения знака сигнала соединен с входом шестого пропорционального блока и с первым входом пятого блока произведения, выход девятого блока алгебраического сумматора соединен с входом седьмого блока определения знака сигнала, выход

седьмого блока определения знака сигнала соединен с входом седьмого пропорционального блока, выход десятого блока алгебраического сумматора соединен с входом восьмого блока определения знака сигнала, выход восьмого блока определения знака сигнала соединен с входом восьмого пропорционального блока, выход

5 одиннадцатого блока алгебраического сумматора соединен с входом девятого блока определения знака сигнала, выход девятого блока определения знака сигнала соединен с входом девятого пропорционального блока, выход двенадцатого блока алгебраического сумматора соединен с входом десятого блока определения знака сигнала, выход десятого блока определения знака сигнала соединен с входом десятого

10 пропорционального блока, выход тринадцатого блока алгебраического сумматора соединен с входом одиннадцатого блока определения знака сигнала, выход одиннадцатого блока определения знака сигнала соединен с входом одиннадцатого пропорционального блока, выход третьего блока алгебраического сумматора соединен со вторым входом первого блока алгебраического сумматора, со вторым входом

15 четвертого блока алгебраического сумматора, со вторым входом пятого блока алгебраического сумматора, со вторым входом шестого блока алгебраического сумматора, со вторым входом седьмого блока алгебраического сумматора, со вторым входом девятого блока алгебраического сумматора, со вторым входом десятого блока алгебраического сумматора, со вторым входом одиннадцатого блока алгебраического

20 сумматора, со вторым входом двенадцатого блока алгебраического сумматора и со вторым входом тринадцатого блока алгебраического сумматора, выход восьмого блока алгебраического сумматора соединен с входом двенадцатого пропорционального блока, с входом первого блока, ограничивающего значение своего входного сигнала, с входом второго блока, ограничивающего значение своего входного сигнала, с входом

25 блока вычисления модуля и с входом двенадцатого блока определения знака сигнала, выход второго пропорционального блока соединен со вторым входом второго блока алгебраического сумматора, выход третьего пропорционального блока соединен с третьим входом второго блока алгебраического сумматора, выход четвертого пропорционального блока соединен с четвертым входом второго блока алгебраического

30 сумматора, выход пятого пропорционального блока соединен с пятым входом второго блока алгебраического сумматора, выход шестого пропорционального блока соединен с шестым входом второго блока алгебраического сумматора, выход седьмого пропорционального блока соединен с седьмым входом второго блока алгебраического сумматора и с входом пятого интегрального блока, выход восьмого пропорционального

35 блока соединен с восьмым входом второго блока алгебраического сумматора, выход девятого пропорционального блока соединен с девятым входом второго блока алгебраического сумматора, выход десятого пропорционального блока соединен с десятым входом второго блока алгебраического сумматора, выход одиннадцатого пропорционального блока соединен с одиннадцатым входом второго блока

40 алгебраического сумматора, выход пятого интегрального блока соединен с входом тринадцатого блока определения знака сигнала, выход тринадцатого блока определения знака сигнала соединен со вторым входом пятого блока произведения, выход пятого блока произведения соединен с входом блока сравнения с нулем, выход блока сравнения с нулем соединен со вторым входом первого блока произведения, со вторым входом

45 второго блока произведения, со вторым входом третьего блока произведения и со вторым входом четвертого блока произведения, выход блока вычисления модуля соединен с входом тринадцатого пропорционального блока, выход тринадцатого пропорционального блока соединен с входом первого блока арифметических функций,

выход первого блока арифметических функций соединен с входом блока функции возведения в степень, выход блока функции возведения в степень соединен с входом второго блока арифметических функций, выход второго блока арифметических функций соединен с первым входом шестого блока произведения, со вторым входом шестого
5 блока произведения, с входом четырнадцатого пропорционального блока и с входом пятнадцатого пропорционального блока, выход четырнадцатого пропорционального блока соединен с первым входом четырнадцатого блока алгебраического сумматора, выход пятнадцатого пропорционального блока соединен с первым входом пятнадцатого блока алгебраического сумматора, выход шестого блока произведения соединен с
10 входом шестнадцатого пропорционального блока, выход шестнадцатого пропорционального блока соединен со вторым входом четырнадцатого блока алгебраического сумматора и со вторым входом пятнадцатого блока алгебраического сумматора, выход четырнадцатого блока алгебраического сумматора соединен с входом третьего блока арифметических функций, выход пятнадцатого блока алгебраического сумматора соединен с входом четвертого блока арифметических функций, выход
15 третьего блока арифметических функций соединен с входом семнадцатого пропорционального блока, выход четвертого блока арифметических функций соединен с входом восемнадцатого пропорционального блока, выход семнадцатого пропорционального блока соединен с первым входом седьмого блока произведения, выход восемнадцатого пропорционального блока соединен с первым входом восьмого блока произведения, выход двенадцатого блока определения знака сигнала соединен со вторым входом седьмого блока произведения и со вторым входом восьмого блока произведения, выход двенадцатого пропорционального блока соединен с третьим входом девятого блока алгебраического сумматора, выход восьмого блока произведения соединен с третьим входом седьмого блока алгебраического сумматора и с третьим входом десятого блока алгебраического сумматора, выход седьмого блока произведения соединен с третьим входом шестого блока алгебраического сумматора и с третьим входом одиннадцатого блока алгебраического сумматора, выход второго блока, ограничивающего значение своего входного сигнала, соединен с третьим входом пятого
30 блока алгебраического сумматора и с третьим входом двенадцатого блока алгебраического сумматора, выход первого блока, ограничивающего значение своего входного сигнала, соединен с третьим входом четвертого блока алгебраического сумматора и с третьим входом тринадцатого блока алгебраического сумматора.

35

40

45

Реферат

Полезная модель направлена на устройство для формирования сигнала, соответствующего оптимальной по быстродействию диаграмме для средних перемещений исполнительного органа электропривода переменного тока с ограничением первой и третьей производных частоты вращения и позволяющее совместно с системой автоматического регулирования перемещения исполнительного органа электропривода достичь высокой точности обработки заданной диаграммы движения.

Технический результат достигается в устройстве для формирования сигнала, соответствующего оптимальной по быстродействию диаграмме для средних перемещений исполнительного органа электропривода переменного тока с ограничением первой и третьей производных частоты вращения тем, что содержит первый задатчик, выход которого соединен с первым входом первого блока алгебраического сумматора, выход первого блока алгебраического сумматора соединен с входом первого блока определения знака сигнала, выход первого блока определения знака сигнала соединен с входом первого пропорционального блока, выход первого пропорционального блока соединен с первым входом второго блока алгебраического сумматора, выход второго блока алгебраического сумматора соединен с первым входом первого блока произведения, выход первого блока произведения соединен с входом первого интегрального блока, выход первого интегрального блока соединен с первым входом второго блока произведения, выход второго блока произведения соединен с входом второго интегрального блока, выход второго интегрального блока соединен с первым входом третьего блока произведения, выход третьего блока произведения соединен с входом третьего интегрального блока, выход третьего интегрального блока соединен с первым входом четвертого блока произведения, выход четвертого блока произведения соединен с входом четвертого интегрального блока, выход четвертого интегрального блока соединен с первым входом третьего блока алгебраического сумматора, выход первого задатчика соединен с первым входом четвертого блока алгебраического сумматора, с первым входом пятого блока алгебраического сумматора, с первым входом шестого блока алгебраического сумматора, с первым входом седьмого блока алгебраического сумматора и с первым входом восьмого блока алгебраического сумматора, выход четвертого блока алгебраического сумматора соединен с входом второго блока определения знака сигнала, выход второго блока определения знака сигнала соединен с входом второго пропорционального блока, выход пятого блока алгебраического сумматора соединен с входом третьего блока определения знака сигнала, выход третьего блока определения знака сигнала соединен с входом третьего пропорционального блока, выход шестого блока алгебраического сумматора соединен с входом четвертого блока определения знака сигнала, выход четвертого блока определения знака сигнала соединен с входом четвертого пропорционального блока, выход седьмого блока алгебраи-

ческого сумматора соединен с входом пятого блока определения знака сигнала, выход пятого блока определения знака сигнала соединен с входом пятого пропорционального блока, второй задатчик, выход которого соединен со вторым входом третьего блока алгебраического сумматора, со вторым входом восьмого блока алгебраического сумматора, с первым входом девятого блока алгебраического сумматора, с первым входом десятого блока алгебраического сумматора, с первым входом одиннадцатого блока алгебраического сумматора и с первым входом двенадцатого блока алгебраического сумматора, выход восьмого блока алгебраического сумматора соединен с входом шестого блока определения знака сигнала, выход шестого блока определения знака сигнала соединен с входом шестого пропорционального блока и с первым входом пятого блока произведения, выход девятого блока алгебраического сумматора соединен с входом седьмого блока определения знака сигнала, выход седьмого блока определения знака сигнала соединен с входом седьмого пропорционального блока, выход десятого блока алгебраического сумматора соединен с входом восьмого блока определения знака сигнала, выход восьмого блока определения знака сигнала соединен с входом восьмого пропорционального блока, выход одиннадцатого блока алгебраического сумматора соединен с входом девятого блока определения знака сигнала, выход девятого блока определения знака сигнала соединен с входом девятого пропорционального блока, выход двенадцатого блока алгебраического сумматора соединен с входом десятого блока определения знака сигнала, выход десятого блока определения знака сигнала соединен с входом десятого пропорционального блока, выход тринадцатого блока алгебраического сумматора соединен с входом одиннадцатого блока определения знака сигнала, выход одиннадцатого блока определения знака сигнала соединен с входом одиннадцатого пропорционального блока, выход третьего блока алгебраического сумматора соединен со вторым входом первого блока алгебраического сумматора, со вторым входом четвертого блока алгебраического сумматора, со вторым входом пятого блока алгебраического сумматора, со вторым входом шестого блока алгебраического сумматора, со вторым входом седьмого блока алгебраического сумматора, со вторым входом девятого блока алгебраического сумматора, со вторым входом десятого блока алгебраического сумматора, со вторым входом одиннадцатого блока алгебраического сумматора, со вторым входом двенадцатого блока алгебраического сумматора и со вторым входом тринадцатого блока алгебраического сумматора, выход восьмого блока алгебраического сумматора соединен с входом двенадцатого пропорционального блока, с входом первого блока, ограничивающего значение своего входного сигнала, с входом второго блока, ограничивающего значение своего входного сигнала, с входом блока вычисления модуля и с входом двенадцатого блока определения знака сигнала, выход второго пропорционального блока соединен со вторым входом второго блока алгебраического сумматора, выход третьего пропорционального блока соединен с третьим входом

второго блока алгебраического сумматора, выход четвертого пропорционального блока соединен с четвертым входом второго блока алгебраического сумматора, выход пятого пропорционального блока соединен с пятым входом второго блока алгебраического сумматора, выход шестого пропорционального блока соединен с шестым входом второго блока алгебраического сумматора, выход седьмого пропорционального блока соединен с седьмым входом второго блока алгебраического сумматора и с входом пятого интегрального блока, выход восьмого пропорционального блока соединен с восьмым входом второго блока алгебраического сумматора, выход девятого пропорционального блока соединен с девятым входом второго блока алгебраического сумматора, выход десятого пропорционального блока соединен с десятым входом второго блока алгебраического сумматора, выход одиннадцатого пропорционального блока соединен с одиннадцатым входом второго блока алгебраического сумматора, выход пятого интегрального блока соединен с входом тринадцатого блока определения знака сигнала, выход тринадцатого блока определения знака сигнала соединен со вторым входом пятого блока произведения, выход пятого блока произведения соединен с входом блока сравнения с нулем, выход блока сравнения с нулем соединен со вторым входом первого блока произведения, со вторым входом второго блока произведения, со вторым входом третьего блока произведения и со вторым входом четвертого блока произведения, выход блока вычисления модуля соединен с входом тринадцатого пропорционального блока, выход тринадцатого пропорционального блока соединен с входом первого блока арифметических функций, выход первого блока арифметических функций соединен с входом блока функции возведения в степень, выход блока функции возведения в степень соединен с входом второго блока арифметических функций, выход второго блока арифметических функций соединен с первым входом шестого блока произведения, со вторым входом шестого блока произведения, с входом четырнадцатого пропорционального блока и с входом пятнадцатого пропорционального блока, выход четырнадцатого пропорционального блока соединен с первым входом четырнадцатого блока алгебраического сумматора, выход пятнадцатого пропорционального блока соединен с первым входом пятнадцатого блока алгебраического сумматора, выход шестого блока произведения соединен с входом шестнадцатого пропорционального блока, выход шестнадцатого пропорционального блока соединен со вторым входом четырнадцатого блока алгебраического сумматора и со вторым входом пятнадцатого блока алгебраического сумматора, выход четырнадцатого блока алгебраического сумматора соединен с входом третьего блока арифметических функций, выход пятнадцатого блока алгебраического сумматора соединен с входом четвертого блока арифметических функций, выход третьего блока арифметических функций соединен с входом семнадцатого пропорционального блока, выход четвертого блока арифметических функций соединен с входом восемнадцатого пропорционального блока, выход семнадцатого пропорционального блока соединен с первым входом седьмого блока произведе-

ния, выход восемнадцатого пропорционального блока соединен с первым входом восьмого блока произведения, выход двенадцатого блока определения знака сигнала соединен со вторым входом седьмого блока произведения и со вторым входом восьмого блока произведения, выход двенадцатого пропорционального блока соединен с третьим входом девятого блока алгебраического сумматора, выход восьмого блока произведения соединен с третьим входом седьмого блока алгебраического сумматора и с третьим входом десятого блока алгебраического сумматора, выход седьмого блока произведения соединен с третьим входом шестого блока алгебраического сумматора и с третьим входом одиннадцатого блока алгебраического сумматора, выход второго блока, ограничивающего значение своего входного сигнала, соединен с третьим входом пятого блока алгебраического сумматора и с третьим входом двенадцатого блока алгебраического сумматора, выход первого блока, ограничивающего значение своего входного сигнала, соединен с третьим входом четвертого блока алгебраического сумматора и с третьим входом тринадцатого блока алгебраического сумматора.

2011132071



МПК
H02P 1/26 (2009.01)

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ СИГНАЛА,
СООТВЕТСТВУЮЩЕГО ОПТИМАЛЬНОЙ ПО БЫСТРОДЕЙСТВИЮ
ДИАГРАММЕ ДЛЯ СРЕДНИХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ ИСПОЛНИТЕЛЬНОГО
ОРГАНА ЭЛЕКТРОПРИВОДА ПЕРЕМЕННОГО ТОКА С
ОГРАНИЧЕНИЕМ ПЕРВОЙ И ТРЕТЬЕЙ ПРОИЗВОДНЫХ
ЧАСТОТЫ ВРАЩЕНИЯ

Полезная модель относится к электротехнике и может использоваться в промышленных установках для формирования сигнала, соответствующего оптимальной по быстродействию диаграмме для средних перемещений исполнительного органа электропривода переменного тока с ограничением первой и третьей производных частоты вращения, состоящей из десяти этапов.

Аналогом разрабатываемого устройства является устройство для формирования сигнала, соответствующего оптимальной по быстродействию диаграмме для малых перемещений исполнительного органа электропривода постоянного тока, состоящей из трех этапов. /Пат. на полезную модель № 32650, МПК 7 Н 02 Р 7/80. Устройство для формирования диаграмм перемещения электропривода с ограничением второй производной скорости / Ю.П. Добробаба, В.А. Мурлина, Г.А. Кошкин, С.В. Добробаба, А.Н. Благодарь // от 20.09.2003, бюл. №26/.

Аналог реализует диаграмму, состоящую из трех этапов, а необходимо устройство, формирующее диаграмму из десяти этапов.

Наиболее близким к заявляемому устройству для формирования сигнала, соответствующего оптимальной по быстродействию диаграмме для средних перемещений исполнительного органа электропривода переменного тока с ограничением первой и третьей производных частоты вращения, состоящей из десяти этапов, является устройство для формирования сигнала, соответствующего оптимальной по быстродействию диаграмме для средних перемещений исполнительного органа электропривода постоянного тока, состоящей из пяти этапов. /Пат. на полезную модель № 32938, МПК 7 Н 02 Р 7/80. Устройство для формирования диаграмм перемещения электропривода с ограничениями первой и второй производных скорости / Ю.П. Добробаба, В.А. Мурлина, Г.А. Кошкин, С.В. Добробаба, М.В. Мартыненко // от 27.09.2003, бюл. №27/, которое принимается за прототип.

Прототип содержит: первый задатчик, выход которого соединен с первым входом первого пропорционального блока, выход первого пропорционального блока соединен с входом первого блока, ограничивающего значение своего входного сигнала, выход первого блока, ограничивающего значение своего входного сигнала, соединен с первым входом второго пропорционального блока, выход второго пропорционального блока соединен с входом

второго блока, ограничивающего значение своего входного сигнала, выход второго блока, ограничивающего значение своего входного сигнала, соединен с входом первого интегрального блока, выход первого интегрального блока соединен с входом второго интегрального блока, с первым входом первого блока произведения и со вторым входом второго пропорционального блока, выход второго интегрального блока соединен с входом третьего интегрального блока и с первым входом второго блока произведения, выход третьего интегрального блока соединен со вторым входом первого пропорционального блока, выход второго блока произведения соединен с третьим входом первого пропорционального блока, выход первого блока произведения соединен с четвертым входом первого пропорционального блока, второй задатчик, выход которого соединен с входом блока вычисления модуля, выход блока вычисления модуля соединен с входом третьего пропорционального блока, выход третьего пропорционального блока соединен с первым блоком арифметических функций, выход первого блока арифметических функций соединен с входом блока функции возведения в степень, выход блока функции возведения в степень соединен с входом второго блока арифметических функций, выход второго блока арифметических функций соединен с входом третьего блока арифметических функций и с входом четвертого блока арифметических функций, выход третьего блока арифметических функций соединен с входом четвертого пропорционального блока, выход четвертого блока арифметических функций соединен с входом пятого пропорционального блока, выход четвертого пропорционального блока соединен со вторым входом первого блока произведения, выход пятого пропорционального блока соединен со вторым входом второго блока произведения.

Прототип реализует сигнал, соответствующий оптимальной по быстродействию диаграмме для средних перемещений исполнительного органа электропривода постоянного тока. В математической модели электропривода с двигателем постоянного тока независимого возбуждения учитываются следующие постоянные времени: электромагнитная постоянная времени якорной цепи; электромеханическая постоянная времени привода и механическая постоянная времени равная единице, поэтому электропривод постоянного тока описывается системой дифференциальных уравнений третьего порядка (диаграмма должна состоять минимум из трех этапов). В диаграмме, которую реализует прототип, в двух интервалах времени наступают ограничения второй производной частоты вращения исполнительного органа электропривода постоянного тока, поэтому кроме трех необходимых этапов введены два дополнительных этапа, поэтому диаграмма состоит не из трех, а из пяти этапов.

Необходимо сформировать сигнал, соответствующий оптимальной по быстродействию диаграмме для средних перемещений исполнительного органа электропривода переменного тока с ограничением первой и третьей производных частоты вращения. В математической модели электропривода переменного тока с асинхронным двигателем учитываются следующие постоянные времени: электромагнитная постоянная времени статора; электро-

магнитная постоянная времени ротора; электромеханическая постоянная времени привода и механическая постоянная времени равная единице, поэтому электропривод переменного тока описывается системой дифференциальных уравнений четвертого порядка (диаграмма должна состоять минимум из четырех этапов). В настоящее время авторы разрабатывают семь устройств, которые формируют сигналы, соответствующие семи оптимальным по быстродействию диаграммам, покрывающим весь диапазон перемещений исполнительного органа электропривода переменного тока на всем диапазоне допустимых значений третьей производной частоты вращения исполнительного органа электропривода переменного тока (ранее диапазон допустимых значений третьей производной частоты вращения исполнительного органа электропривода переменного тока был ограничен). В оптимальной по быстродействию диаграмме для малых перемещений исполнительного органа электропривода переменного тока с ограничением третьей производной частоты вращения кроме четырех необходимых этапов требуется два дополнительных этапа. Введение двух дополнительных этапов позволило реализовать устройство для формирования сигнала, соответствующего оптимальной по быстродействию диаграмме для средних перемещений исполнительного органа электропривода переменного тока с ограничением первой и третьей производных частоты вращения. Так как в устройстве для формирования сигнала, соответствующего оптимальной по быстродействию диаграмме для средних перемещений исполнительного органа электропривода переменного тока с ограничением первой и третьей производных частоты вращения в двух интервалах времени наступает ограничение первой производной частоты вращения исполнительного органа электропривода переменного тока, поэтому необходимо введение еще четырех дополнительных этапов. В итоге диаграмма для средних перемещений исполнительного органа электропривода переменного тока с ограничением первой и третьей производных частоты вращения состоит из десяти этапов.

Задачей является разработка устройства для формирования сигнала, соответствующего оптимальной по быстродействию диаграмме для средних перемещений исполнительного органа электропривода переменного тока с ограничением первой и третьей производных частоты вращения (состоящей из десяти этапов).

Техническим результатом полезной модели является формирование сигнала, соответствующего заданной диаграмме перемещения исполнительного органа электропривода переменного тока.

Технический результат достигается тем, что в устройстве для формирования сигнала, соответствующего оптимальной по быстродействию диаграмме для средних перемещений исполнительного органа электропривода постоянного тока разорваны все соединения и дополнительно введены первый блок алгебраического сумматора, первый вход которого соединен с выходом первого задатчика, выход первого блока алгебраического сумматора соединен с входом первого блока определения знака сигнала, выход первого

восьмого блока определения знака сигнала, выход восьмого блока определения знака сигнала соединен с входом восьмого пропорционального блока, выход одиннадцатого блока алгебраического сумматора соединен с входом девятого блока определения знака сигнала, выход девятого блока определения знака сигнала соединен с входом девятого пропорционального блока, выход двенадцатого блока алгебраического сумматора соединен с входом десятого блока определения знака сигнала, выход десятого блока определения знака сигнала соединен с входом десятого пропорционального блока, выход тринадцатого блока алгебраического сумматора соединен с входом одиннадцатого блока определения знака сигнала, выход одиннадцатого блока определения знака сигнала соединен с входом одиннадцатого пропорционального блока, выход третьего блока алгебраического сумматора соединен со вторым входом первого блока алгебраического сумматора, со вторым входом четвертого блока алгебраического сумматора, со вторым входом пятого блока алгебраического сумматора, со вторым входом шестого блока алгебраического сумматора, со вторым входом седьмого блока алгебраического сумматора, со вторым входом девятого блока алгебраического сумматора, со вторым входом десятого блока алгебраического сумматора, со вторым входом одиннадцатого блока алгебраического сумматора, со вторым входом двенадцатого блока алгебраического сумматора и со вторым входом тринадцатого блока алгебраического сумматора, выход восьмого блока алгебраического сумматора соединен с входом двенадцатого пропорционального блока, с входом первого блока, ограничивающего значение своего входного сигнала, с входом второго блока, ограничивающего значение своего входного сигнала, с входом блока вычисления модуля и с входом двенадцатого блока определения знака сигнала, выход второго пропорционального блока соединен со вторым входом второго блока алгебраического сумматора, выход третьего пропорционального блока соединен с третьим входом второго блока алгебраического сумматора, выход четвертого пропорционального блока соединен с четвертым входом второго блока алгебраического сумматора, выход пятого пропорционального блока соединен с пятым входом второго блока алгебраического сумматора, выход шестого пропорционального блока соединен с шестым входом второго блока алгебраического сумматора, выход седьмого пропорционального блока соединен с седьмым входом второго блока алгебраического сумматора и с входом пятого интегрального блока, выход восьмого пропорционального блока соединен с восьмым входом второго блока алгебраического сумматора, выход девятого пропорционального блока соединен с девятым входом второго блока алгебраического сумматора, выход десятого пропорционального блока соединен с десятым входом второго блока алгебраического сумматора, выход одиннадцатого пропорционального блока соединен с одиннадцатым входом второго блока алгебраического сумматора, выход пятого интегрального блока соединен с входом тринадцатого блока определения знака сигнала, выход тринадцатого блока определения знака сигнала соединен со вторым входом пятого блока произведения, выход

пятого блока произведения соединен с входом блока сравнения с нулем, выход блока сравнения с нулем соединен со вторым входом первого блока произведения, со вторым входом второго блока произведения, со вторым входом третьего блока произведения и со вторым входом четвертого блока произведения, выход блока вычисления модуля соединен с входом тринадцатого пропорционального блока, выход тринадцатого пропорционального блока соединен с входом первого блока арифметических функций, выход первого блока арифметических функций соединен с входом блока функции возведения в степень, выход блока функции возведения в степень соединен с входом второго блока арифметических функций, выход второго блока арифметических функций соединен с первым входом шестого блока произведения, со вторым входом шестого блока произведения, с входом четырнадцатого пропорционального блока и с входом пятнадцатого пропорционального блока, выход четырнадцатого пропорционального блока соединен с первым входом пятнадцатого блока алгебраического сумматора, выход пятнадцатого пропорционального блока соединен с первым входом пятнадцатого блока алгебраического сумматора, выход шестого блока произведения соединен с входом шестнадцатого пропорционального блока, выход шестнадцатого пропорционального блока соединен со вторым входом четырнадцатого блока алгебраического сумматора и со вторым входом пятнадцатого блока алгебраического сумматора, выход четырнадцатого блока алгебраического сумматора соединен с входом третьего блока арифметических функций, выход пятнадцатого блока алгебраического сумматора соединен с входом четвертого блока арифметических функций, выход третьего блока арифметических функций соединен с входом семнадцатого пропорционального блока, выход четвертого блока арифметических функций соединен с входом восемнадцатого пропорционального блока, выход семнадцатого пропорционального блока соединен с первым входом седьмого блока произведения, выход восемнадцатого пропорционального блока соединен с первым входом восьмого блока произведения, выход двенадцатого блока определения знака сигнала соединен со вторым входом седьмого блока произведения и со вторым входом восьмого блока произведения, выход двенадцатого пропорционального блока соединен с третьим входом девятого блока алгебраического сумматора, выход восьмого блока произведения соединен с третьим входом седьмого блока алгебраического сумматора и с третьим входом десятого блока алгебраического сумматора, выход седьмого блока произведения соединен с третьим входом шестого блока алгебраического сумматора и с третьим входом одиннадцатого блока алгебраического сумматора, выход второго блока, ограничивающего значение своего входного сигнала, соединен с третьим входом пятого блока алгебраического сумматора и с третьим входом двенадцатого блока алгебраического сумматора, выход первого блока, ограничивающего значение своего входного сигнала, соединен с третьим входом четвертого блока алгебраического сумматора и с третьим входом тринадцатого блока алгебраического сумматора.

Предложено разделить функции устройства на логические и обнуляющие: логические блоки формируют сигнал, соответствующий диаграмме; дополнительно введенная система обнуляющих блоков обеспечивают завершение формирования сигнала. Это позволит реализовать предлагаемому устройству совместно с системой автоматического регулирования перемещения исполнительного органа электропривода высокую точности обработки заданной диаграммы движения.

Оптимальная по быстродействию диаграмма для средних перемещений исполнительного органа электропривода переменного тока с ограничением первой и третьей производных частоты вращения сформирована следующим образом. На первом, пятом, седьмом и девятом этапах третья производная частоты вращения исполнительного органа электропривода переменного тока равна максимально допустимому значению $\omega_{\text{доп}}^{(3)}$; на втором, четвертом, шестом и десятом этапах третья производная частоты вращения исполнительного органа электропривода переменного тока равна максимально допустимому значению со знаком минус $-\omega_{\text{доп}}^{(3)}$; на третьем и восьмом этапах третья производная частоты вращения исполнительного органа электропривода переменного тока равна нулю. Длительность первого, второго, четвертого, пятого, шестого, седьмого, девятого и десятого этапов равна t_1 ; длительность третьего и восьмого этапов равна t_2 . В моменты времени t_1 и $(7t_1 + 2t_2)$ вторая производная частоты вращения исполнительного органа электропривода переменного тока достигает максимального значения $\omega_{\text{max}}^{(2)}$; в моменты времени $(3t_1 + t_2)$ и $(5t_1 + t_2)$ вторая производная частоты вращения исполнительного органа электропривода переменного тока достигает максимального значения со знаком минус $-\omega_{\text{max}}^{(2)}$. На третьем этапе первая производная частоты вращения исполнительного органа электропривода переменного тока равна максимально допустимому значению $\omega_{\text{доп}}^{(1)}$; на восьмом этапе первая производная частоты вращения исполнительного органа электропривода переменного тока равна максимально допустимому значению со знаком минус $-\omega_{\text{доп}}^{(1)}$. В момент времени $(4t_1 + t_2)$ частота вращения исполнительного органа электропривода переменного тока достигает максимального значения ω_{max} . Угол поворота (перемещение) увеличивается от начального значения угла поворота $\varphi_{\text{нач}}$ до конечного значения угла поворота $\varphi_{\text{кон}}$.

Для диаграммы справедливы соотношения:

$$t_1 = \sqrt{\frac{\omega_{\text{доп}}^{(1)}}{\omega_{\text{доп}}^{(3)}}};$$

$$t_2 = \sqrt{\frac{\varphi_{\text{кон}} - \varphi_{\text{нач}}}{\omega_{\text{доп}}^{(1)}} + \frac{\omega_{\text{доп}}^{(1)}}{\omega_{\text{доп}}^{(3)}}} - 3 \cdot \sqrt{\frac{\omega_{\text{доп}}^{(1)}}{\omega_{\text{доп}}^{(3)}}};$$

$$T = 8t_1 + 2t_2;$$

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

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

Оптимальная по быстродействию диаграмма для средних перемещений исполнительного органа электропривода переменного тока с ограничением первой и третьей производных частоты вращения справедлива при выполнении условий:

$$8 \cdot \frac{[\omega_{\text{доп}}^{(1)}]^2}{\omega_{\text{доп}}^{(3)}} \leq (\varphi_{\text{кон}} - \varphi_{\text{нач}}); \quad (1)$$

$$(\varphi_{\text{кон}} - \varphi_{\text{нач}}) \leq \omega_{\text{доп}} \cdot \left[\frac{\omega_{\text{доп}}}{\omega_{\text{доп}}^{(1)}} + 2 \cdot \sqrt{\frac{\omega_{\text{доп}}^{(1)}}{\omega_{\text{доп}}^{(3)}}} \right]. \quad (2)$$

Если не выполняется условие (1), то необходимо перейти к оптимальной по быстродействию диаграмме для малых перемещений исполнительного органа электропривода переменного тока с ограничением третьей производной частоты вращения. Если не выполняется условие (2), то необходимо перейти к оптимальной по быстродействию диаграмме для больших перемещений исполнительного органа электропривода переменного тока с ограничением частоты вращения и ее первой и третьей производных.

На фиг. 1 представлена структурная схема устройства для формирования сигнала, соответствующего оптимальной по быстродействию диаграмме для средних перемещений исполнительного органа электропривода переменного тока с ограничением первой и третьей производных частоты вращения.

Устройство для формирования сигнала, соответствующего оптимальной по быстродействию диаграмме для средних перемещений исполнительного органа электропривода переменного тока с ограничением первой и третьей производных частоты вращения содержит первый задатчик 1, выход которого соединен с первым входом первого блока алгебраического сумматора 2, выход первого блока алгебраического сумматора 2 соединен с входом первого блока определения знака сигнала 3, выход первого блока определения знака сигнала 3 соединен с входом первого пропорционального блока 4, выход первого пропорционального блока 4 соединен с первым входом второго блока алгебраического сумматора 5, выход второго блока алгебраического сумматора 5 соединен с первым входом первого блока произведения 6, выход первого блока произведения 6 соединен с входом первого интегрального блока 7, выход первого интегрального блока 7 соединен с первым входом второго блока произведения 11, выход второго блока произведения 11 соеди-

нен с входом второго интегрального блока 12, выход второго интегрального блока 12 соединен с первым входом третьего блока произведения 16, выход третьего блока произведения 16 соединен с входом третьего интегрального блока 17, выход третьего интегрального блока 17 соединен с первым входом четвертого блока произведения 21, выход четвертого блока произведения 21 соединен с входом четвертого интегрального блока 22, выход четвертого интегрального блока 22 соединен с первым входом третьего блока алгебраического сумматора 23, выход первого задатчика 1 соединен с первым входом четвертого блока алгебраического сумматора 8, с первым входом пятого блока алгебраического сумматора 13, с первым входом шестого блока алгебраического сумматора 18, с первым входом седьмого блока алгебраического сумматора 24 и с первым входом восьмого блока алгебраического сумматора 27, выход четвертого блока алгебраического сумматора 8 соединен с входом второго блока определения знака сигнала 9, выход второго блока определения знака сигнала 9 соединен с входом второго пропорционального блока 10, выход пятого блока алгебраического сумматора 13 соединен с входом третьего блока определения знака сигнала 14, выход третьего блока определения знака сигнала 14 соединен с входом третьего пропорционального блока 15, выход шестого блока алгебраического сумматора 18 соединен с входом четвертого блока определения знака сигнала 19, выход четвертого блока определения знака сигнала 19 соединен с входом четвертого пропорционального блока 20, выход седьмого блока алгебраического сумматора 24 соединен с входом пятого блока определения знака сигнала 25, выход пятого блока определения знака сигнала 25 соединен с входом пятого пропорционального блока 26, второй задатчик 49, выход которого соединен со вторым входом третьего блока алгебраического сумматора 23, со вторым входом восьмого блока алгебраического сумматора 27, с первым входом девятого блока алгебраического сумматора 33, с первым входом десятого блока алгебраического сумматора 38, с первым входом одиннадцатого блока алгебраического сумматора 41, с первым входом двенадцатого блока алгебраического сумматора 45 и с первым входом тринадцатого блока алгебраического сумматора 50, выход восьмого блока алгебраического сумматора 27 соединен с входом шестого блока определения знака сигнала 29, выход шестого блока определения знака сигнала 29 соединен с входом шестого пропорционального блока 30 и с первым входом пятого блока произведения 31, выход девятого блока алгебраического сумматора 33 соединен с входом седьмого блока определения знака сигнала 34, выход седьмого блока определения знака сигнала 34 соединен с входом седьмого пропорционального блока 35, выход десятого блока алгебраического сумматора 38 соединен с входом восьмого блока определения знака сигнала 39, выход восьмого блока определения знака сигнала 39 соединен с входом восьмого пропорционального блока 40, выход одиннадцатого блока алгебраического сумматора 41 соединен с входом девятого блока определения знака сигнала 42, выход девятого блока определения знака сигнала 42 соединен с входом девятого пропорционального блока 43, вы-

ход двенадцатого блока алгебраического сумматора 45 соединен с входом десятого блока определения знака сигнала 46, выход десятого блока определения знака сигнала 46 соединен с входом десятого пропорционального блока 47, выход тринадцатого блока алгебраического сумматора 50 соединен с входом одиннадцатого блока определения знака сигнала 51, выход одиннадцатого блока определения знака сигнала 51 соединен с входом одиннадцатого пропорционального блока 52, выход третьего блока алгебраического сумматора 23 соединен со вторым входом первого блока алгебраического сумматора 2, со вторым входом четвертого блока алгебраического сумматора 8, со вторым входом пятого блока алгебраического сумматора 13, со вторым входом шестого блока алгебраического сумматора 18, со вторым входом седьмого блока алгебраического сумматора 24, со вторым входом девятого блока алгебраического сумматора 33, со вторым входом десятого блока алгебраического сумматора 38, со вторым входом одиннадцатого блока алгебраического сумматора 41, со вторым входом двенадцатого блока алгебраического сумматора 45 и со вторым входом тринадцатого блока алгебраического сумматора 50, выход восьмого блока алгебраического сумматора 27 соединен с входом двенадцатого пропорционального блока 28, с входом первого блока 48, ограничивающего значение своего входного сигнала, с входом второго блока 44, ограничивающего значение своего входного сигнала, с входом блока вычисления модуля 53 и с входом двенадцатого блока определения знака сигнала 70, выход второго пропорционального блока 10 соединен со вторым входом второго блока алгебраического сумматора 5, выход третьего пропорционального блока 15 соединен с третьим входом второго блока алгебраического сумматора 5, выход четвертого пропорционального блока 20 соединен с четвертым входом второго блока алгебраического сумматора 5, выход пятого пропорционального блока 26 соединен с пятым входом второго блока алгебраического сумматора 5, выход шестого пропорционального блока 30 соединен с шестым входом второго блока алгебраического сумматора 5, выход седьмого пропорционального блока 35 соединен с седьмым входом второго блока алгебраического сумматора 5 и с входом пятого интегрального блока 36, выход восьмого пропорционального блока 40 соединен с восьмым входом второго блока алгебраического сумматора 5, выход девятого пропорционального блока 43 соединен с девятым входом второго блока алгебраического сумматора 5, выход десятого пропорционального блока 47 соединен с десятым входом второго блока алгебраического сумматора 5, выход одиннадцатого пропорционального блока 52 соединен с одиннадцатым входом второго блока алгебраического сумматора 5, выход пятого интегрального блока 36 соединен с входом тринадцатого блока определения знака сигнала 37, выход тринадцатого блока определения знака сигнала 37 соединен со вторым входом пятого блока произведения 31, выход пятого блока произведения 31 соединен с входом блока сравнения с нулем 32, выход блока сравнения с нулем 32 соединен со вторым входом первого блока произведения 6, со вторым входом второго блока произведения 11, со вторым входом третьего блока

произведения 16 и со вторым входом четвертого блока произведения 21, выход блока вычисления модуля 53 соединен с входом тринадцатого пропорционального блока 54, выход тринадцатого пропорционального блока 54 соединен с входом первого блока арифметических функций 55, выход первого блока арифметических функций 55 соединен с входом блока функции возведения в степень 56, выход блока функции возведения в степень 56 соединен с входом второго блока арифметических функций 57, выход второго блока арифметических функций 57 соединен с первым входом шестого блока произведения 58, со вторым входом шестого блока произведения 58, с входом четырнадцатого пропорционального блока 60 и с входом пятнадцатого пропорционального блока 65, выход четырнадцатого пропорционального блока 60 соединен с первым входом четырнадцатого блока алгебраического сумматора 61, выход пятнадцатого пропорционального блока 65 соединен с первым входом пятнадцатого блока алгебраического сумматора 66, выход шестого блока произведения 58 соединен с входом шестнадцатого пропорционального блока 59, выход шестнадцатого пропорционального блока 59 соединен со вторым входом четырнадцатого блока алгебраического сумматора 61 и со вторым входом пятнадцатого блока алгебраического сумматора 66, выход четырнадцатого блока алгебраического сумматора 61 соединен с входом третьего блока арифметических функций 62, выход пятнадцатого блока алгебраического сумматора 66 соединен с входом четвертого блока арифметических функций 67, выход третьего блока арифметических функций 62 соединен с входом семнадцатого пропорционального блока 63, выход четвертого блока арифметических функций 67 соединен с входом восемнадцатого пропорционального блока 68, выход семнадцатого пропорционального блока 63 соединен с первым входом седьмого блока произведения 64, выход восемнадцатого пропорционального блока 68 соединен с первым входом восьмого блока произведения 69, выход двенадцатого блока определения знака сигнала 70 соединен со вторым входом седьмого блока произведения 64 и со вторым входом восьмого блока произведения 69, выход двенадцатого пропорционального блока 28 соединен с третьим входом девятого блока алгебраического сумматора 33, выход восьмого блока произведения 69 соединен с третьим входом седьмого блока алгебраического сумматора 24 и с третьим входом десятого блока алгебраического сумматора 38, выход седьмого блока произведения 64 соединен с третьим входом шестого блока алгебраического сумматора 18 и с третьим входом одиннадцатого блока алгебраического сумматора 41, выход второго блока 44, ограничивающего значение своего входного сигнала, соединен с третьим входом пятого блока алгебраического сумматора 13 и с третьим входом двенадцатого блока алгебраического сумматора 45, выход первого блока 48, ограничивающего значение своего входного сигнала, соединен с третьим входом четвертого блока алгебраического сумматора 8 и с третьим входом тринадцатого блока алгебраического сумматора 50.

Устройство для формирования сигнала, соответствующего оптимальной по быстродействию диаграмме для средних перемещений исполнитель-

ного органа электропривода переменного тока с ограничением первой и третьей производных частоты вращения работает следующим образом.

Первый задатчик 1 формирует сигнал равный конечному значению угла поворота исполнительного органа электропривода $\varphi_{\text{кон}}$. Второй задатчик 49 формирует сигнал равный начальному значению угла поворота исполнительного органа электропривода $\varphi_{\text{нач}}$. На входы восьмого блока алгебраического сумматора 27 поступают сигналы: со знаком плюс с первого задатчика 1, равный конечному значению угла поворота исполнительного органа электропривода $\varphi_{\text{кон}}$; со знаком минус со второго задатчика 49, равный начальному значению угла поворота исполнительного органа электропривода $\varphi_{\text{нач}}$. Сумма двух сигналов, поступающих на входы восьмого блока алгебраического сумматора 27 с первого задатчика 1 и со второго задатчика 49, равна $(\varphi_{\text{кон}} - \varphi_{\text{нач}})$. На вход блока вычисления модуля 53 поступает сигнал с восьмого блока алгебраического сумматора 27, равный величине $(\varphi_{\text{кон}} - \varphi_{\text{нач}})$. С выхода блока вычисления модуля 53 сигнал, равный $|\varphi_{\text{кон}} - \varphi_{\text{нач}}|$, поступает на вход тринадцатого пропорционального блока 54. С выхода тринадцатого пропорционального блока 54 сигнал, равный $\frac{1}{\omega_{\text{доп}}^{(1)}} \cdot |\varphi_{\text{кон}} - \varphi_{\text{нач}}|$, поступает на вход первого блока арифметических функций 55. С выхода первого блока арифметических функций 55 сигнал, равный $\frac{|\varphi_{\text{кон}} - \varphi_{\text{нач}}|}{\omega_{\text{доп}}^{(1)}} + t_1^2$, поступает на вход блока функции возведения в степень 56. С выхода блока функции возведения в степень 56 сигнал, равный $\sqrt{\frac{|\varphi_{\text{кон}} - \varphi_{\text{нач}}|}{\omega_{\text{доп}}^{(1)}} + t_1^2}$, поступает на вход второго блока арифметических функций 57. С выхода второго блока арифметических функций 57 сигнал, равный $t_2 = \sqrt{\frac{|\varphi_{\text{кон}} - \varphi_{\text{нач}}|}{\omega_{\text{доп}}^{(1)}} + t_1^2} - 3t_1$, поступает: на первый вход шестого блока произведения 58; на второй вход шестого блока произведения 58; на вход четырнадцатого пропорционального блока 60; на вход пятнадцатого пропорционального блока 65. С выхода шестого блока произведения 58 сигнал, равный t_2^2 поступает на вход шестнадцатого пропорционального блока 59. С выхода четырнадцатого пропорционального блока 60 сигнал, равный $t_1^3 t_2$, поступает на первый вход четырнадцатого блока алгебраического сумматора 61. С выхода пятнадцатого пропорционального блока 65 сигнал, равный $2t_1^3 t_2$, поступает на первый вход пятнадцатого блока алгебраического сумматора 66. С

выхода шестнадцатого пропорционального блока 59 сигнал, равный $\frac{1}{2}t_1^2t_2^2$, поступает: со знаком плюс на второй вход четырнадцатого блока алгебраического сумматора 61; со знаком плюс на второй вход пятнадцатого блока алгебраического сумматора 66. С выхода четырнадцатого блока алгебраического сумматора 61 сигнал, равный $t_1^3t_2 + \frac{1}{2}t_1^2t_2^2$, поступает на вход третьего блока арифметических функций 62. С выхода пятнадцатого блока алгебраического сумматора 66 сигнал, равный $2t_1^3t_2 + \frac{1}{2}t_1^2t_2^2$, поступает на вход четвертого блока арифметических функций 67. С выхода третьего блока арифметических функций 62 сигнал, равный $\frac{7}{12}t_1^4 + t_1^3t_2 + \frac{1}{2}t_1^2t_2^2$, поступает на вход семнадцатого пропорционального блока 63. С выхода четвертого блока арифметических функций 67 сигнал, равный $\frac{49}{24}t_1^4 + 2t_1^3t_2 + \frac{1}{2}t_1^2t_2^2$, поступает на вход восемнадцатого пропорционального блока 68. С выхода семнадцатого пропорционального блока 63 сигнал, равный $\Delta\varphi_3 = \omega_{\text{доп}}^{(3)} \cdot \left[\frac{7}{12}t_1^4 + t_1^3t_2 + \frac{1}{2}t_1^2t_2^2 \right]$, поступает на первый вход седьмого блока произведения 64. С выхода восемнадцатого пропорционального блока 68 сигнал, равный $\Delta\varphi_4 = \omega_{\text{доп}}^{(3)} \cdot \left[\frac{49}{24}t_1^4 + 2t_1^3t_2 + \frac{1}{2}t_1^2t_2^2 \right]$, поступает на первый вход восьмого блока произведения 69. С выхода двенадцатого блока определения знака сигнала 70 сигнал, равный ± 1 , поступает: на второй вход седьмого блока произведения 64; на второй вход восьмого блока произведения 69. На входы первого блока алгебраического сумматора 2 поступают сигналы: со знаком плюс с первого задатчика 1, равный конечному значению угла поворота исполнительного органа электропривода $\varphi_{\text{кон}}$ и отрицательной обратной связи по углу поворота исполнительного органа электропривода с коэффициентом равным единице. Первый блок определения знака сигнала 3 определяет знак сигнала, поступающего с первого блока алгебраического сумматора 2. Первый пропорциональный блок 4 усиливает сигнал, поступающий с первого блока определения знака сигнала 3, до величины $\omega_{\text{доп}}^{(3)}$. На входы четвертого блока алгебраического сумматора 8 поступают сигналы: со знаком плюс с первого задатчика 1, равный конечному значению угла поворота исполнительного органа электропривода $\varphi_{\text{кон}}$; отрицательной обратной связи по углу поворота исполнительного органа электропривода с коэффициентом равным единице; со знаком минус с первого блока 48, ограничивающего значение своего входного сигнала, равный величине $\frac{1}{24}\omega_{\text{доп}}^{(3)} \cdot t_1^4$. Сумма двух сигналов, поступаю-

ших на входы четвертого блока алгебраического сумматора 8 с первого задатчика 1 и первого блока 48, ограничивающего значение своего входного сигнала, равна величине угла поворота исполнительного органа электропривода в конце девятого этапа $\varphi_9 = \varphi_{\text{кон}} \mp \frac{1}{24} \omega_{\text{доп}}^{(3)} \cdot t_1^4$. Второй блок определения знака сигнала 9 определяет знак сигнала, поступающего с четвертого блока алгебраического сумматора 8. Второй пропорциональный блок 10 усиливает сигнал, поступающий со второго блока определения знака сигнала 9, до величины $\omega_{\text{доп}}^{(3)}$. На входы пятого блока алгебраического сумматора 13 поступают сигналы: со знаком плюс с первого задатчика 1, равный конечному значению угла поворота исполнительного органа электропривода $\varphi_{\text{кон}}$; отрицательной обратной связи по углу поворота исполнительного органа электропривода с коэффициентом равным единице; со знаком минус со второго блока 44, ограничивающего значение своего входного сигнала, равный величине $\frac{7}{12} \omega_{\text{доп}}^{(3)} \cdot t_1^4$. Сумма двух сигналов, поступающих на входы пятого блока алгебраического сумматора 13 с первого задатчика 1 и второго блока 44, ограничивающего значение своего входного сигнала, равна величине угла поворота исполнительного органа электропривода в конце восьмого этапа $\varphi_8 = \varphi_{\text{кон}} \mp \frac{7}{12} \omega_{\text{доп}}^{(3)} \cdot t_1^4$. Третий блок определения знака сигнала 14 определяет знак сигнала, поступающего с пятого блока алгебраического сумматора 13. Третий пропорциональный блок 15 усиливает сигнал, поступающий с третьего блока определения знака сигнала 14, до величины $\frac{1}{2} \omega_{\text{доп}}^{(3)}$. На входы шестого блока алгебраического сумматора 18 поступают сигналы: со знаком плюс с первого задатчика 1, равный конечному значению угла поворота исполнительного органа электропривода $\varphi_{\text{кон}}$; отрицательной обратной связи по углу поворота исполнительного органа электропривода с коэффициентом равным единице; со знаком минус с седьмого блока произведения 64, равный величине $\omega_{\text{доп}}^{(3)} \cdot \left[\frac{7}{12} t_1^4 + t_1^3 t_2 + \frac{1}{2} t_1^2 t_2^2 \right]$. Сумма двух сигналов, поступающих на входы шестого блока алгебраического сумматора 18 с первого задатчика 1 и седьмого блока произведения 64, равна величине угла поворота исполнительного органа электропривода в конце седьмого этапа $\varphi_7 = \varphi_{\text{кон}} \mp \omega_{\text{доп}}^{(3)} \cdot \left[\frac{7}{12} t_1^4 + t_1^3 t_2 + \frac{1}{2} t_1^2 t_2^2 \right]$. Четвертый блок определения знака сигнала 19 определяет знак сигнала, поступающего с шестого блока алгебраического сумматора 18. Четвертый пропорциональный блок 20 усиливает сигнал, поступающий с четвертого блока определения знака сигнала 19, до

величины $\frac{1}{2}\omega_{\text{доп}}^{(3)}$. На входы седьмого блока алгебраического сумматора 24 поступают сигналы: со знаком плюс с первого задатчика 1, равный конечному значению угла поворота исполнительного органа электропривода $\varphi_{\text{кон}}$; отрицательной обратной связи по углу поворота исполнительного органа электропривода с коэффициентом равным единице; со знаком минус с восьмого блока произведения 69, равный величине $\omega_{\text{доп}}^{(3)} \cdot \left[\frac{49}{24}t_1^4 + 2t_1^3t_2 + \frac{1}{2}t_1^2t_2^2 \right]$.

Сумма двух сигналов, поступающих на входы седьмого блока алгебраического сумматора 24 с первого задатчика 1 и с восьмого блока произведения 69, равна величине угла поворота исполнительного органа электропривода в конце шестого этапа $\varphi_6 = \varphi_{\text{кон}} \mp \omega_{\text{доп}}^{(3)} \cdot \left[\frac{49}{24}t_1^4 + 2t_1^3t_2 + \frac{1}{2}t_1^2t_2^2 \right]$.

Пятый блок определения знака сигнала 25 определяет знак сигнала, поступающего с седьмого блока алгебраического сумматора 24. Пятый пропорциональный блок 26 усиливает сигнал, поступающий с пятого блока определения знака сигнала 25, до величины $\omega_{\text{доп}}^{(3)}$. Шестой блок определения знака сигнала 29 определяет знак сигнала, поступающего с восьмого блока алгебраического сумматора 27. Шестой пропорциональный блок 30 усиливает сигнал, поступающий с шестого блока определения знака сигнала 29, до величины $\omega_{\text{доп}}^{(3)}$.

На входы девятого блока алгебраического сумматора 33 поступают сигналы: со знаком плюс со второго задатчика 49, равный начальному значению угла поворота исполнительного органа электропривода $\varphi_{\text{нач}}$; отрицательной обратной связи по углу поворота исполнительного органа электропривода с коэффициентом равным единице; со знаком плюс с двенадцатого пропорционального блока 28, равный величине $\frac{1}{2}(\varphi_{\text{кон}} - \varphi_{\text{нач}})$. Сумма двух сигналов, поступающих на входы девятого блока алгебраического сумматора 33 со второго задатчика 49 и с двенадцатого пропорционального блока 28, равна величине угла поворота исполнительного органа электропривода в конце пятого этапа $\varphi_5 = \frac{1}{2}\varphi_{\text{кон}} + \frac{1}{2}\varphi_{\text{нач}}$.

Седьмой блок определения знака сигнала 34 определяет знак сигнала, поступающего с девятого блока алгебраического сумматора 33. Седьмой пропорциональный блок 35 усиливает сигнал, поступающий с седьмого блока определения знака сигнала 34, до величины $\omega_{\text{доп}}^{(3)}$.

На входы десятого блока алгебраического сумматора 38 поступают сигналы: со знаком плюс со второго задатчика 49, равный начальному значению угла поворота исполнительного органа электропривода $\varphi_{\text{нач}}$; отрицательной обратной связи по углу поворота исполнительного органа электропривода с коэффициентом равным единице; со знаком плюс с восьмого блока произведения 69, равный

величине $\omega_{\text{доп}}^{(3)} \cdot \left[\frac{49}{24} t_1^4 + 2t_1^3 t_2 + \frac{1}{2} t_1^2 t_2^2 \right]$. Сумма двух сигналов, поступающих на входы десятого блока алгебраического сумматора 38 со второго задатчика 49 и с восьмого блока произведения 69, равна величине угла поворота исполнительного органа электропривода в конце четвертого этапа $\varphi_4 = \varphi_{\text{нач}} \pm \omega_{\text{доп}}^{(3)} \cdot \left[\frac{49}{24} t_1^4 + 2t_1^3 t_2 + \frac{1}{2} t_1^2 t_2^2 \right]$. Восьмой блок определения знака сигнала 39 определяет знак сигнала, поступающего с десятого блока алгебраического сумматора 38. Восьмой пропорциональный блок 40 усиливает сигнал, поступающий с восьмого блока определения знака сигнала 39, до величины $\omega_{\text{доп}}^{(3)}$. На входы одиннадцатого блока алгебраического сумматора 41 поступают сигналы: со знаком плюс со второго задатчика 49, равный начальному значению угла поворота исполнительного органа электропривода $\varphi_{\text{нач}}$; отрицательной обратной связи по углу поворота исполнительного органа электропривода с коэффициентом равным единице; со знаком плюс с седьмого блока произведения 64, равный величине $\omega_{\text{доп}}^{(3)} \cdot \left[\frac{7}{12} t_1^4 + t_1^3 t_2 + \frac{1}{2} t_1^2 t_2^2 \right]$. Сумма двух сигналов, поступающих на входы одиннадцатого блока алгебраического сумматора 41 со второго задатчика 49 и с седьмого блока произведения 64, равна величине угла поворота исполнительного органа электропривода в конце третьего этапа $\varphi_3 = \varphi_{\text{нач}} \pm \omega_{\text{доп}}^{(3)} \cdot \left[\frac{7}{12} t_1^4 + t_1^3 t_2 + \frac{1}{2} t_1^2 t_2^2 \right]$. Девятый блок определения знака сигнала 42 определяет знак сигнала, поступающего с одиннадцатого блока алгебраического сумматора 41. Девятый пропорциональный блок 43 усиливает сигнал, поступающий с девятого блока определения знака сигнала 42, до величины $\frac{1}{2} \omega_{\text{доп}}^{(3)}$. На входы двенадцатого блока алгебраического сумматора 45 поступают сигналы: со знаком плюс со второго задатчика 49, равный начальному значению угла поворота исполнительного органа электропривода $\varphi_{\text{нач}}$; отрицательной обратной связи по углу поворота исполнительного органа электропривода с коэффициентом равным единице; со знаком плюс со второго блока 44, ограничивающего значение своего входного сигнала, равный величине $\frac{7}{12} \omega_{\text{доп}}^{(3)} \cdot t_1^4$. Сумма двух сигналов, поступающих на входы двенадцатого блока алгебраического сумматора 45 со второго задатчика 49 и со второго блока 44, ограничивающего значение своего входного сигнала, равна величине угла поворота исполнительного органа электропривода в конце второго этапа $\varphi_2 = \varphi_{\text{нач}} \pm \frac{7}{12} \omega_{\text{доп}}^{(3)} \cdot t_1^4$. Десятый блок определения знака сигнала 46 определяет знак сигнала, поступающего с двенадцатого блока алгебраического сумматора 45. Десятый пропорциональный

блок 47 усиливает сигнал, поступающий с десятого блока определения знака сигнала 46, до величины $\frac{1}{2}\omega_{\text{доп}}^{(3)}$. На входы тринадцатого блока алгебраического сумматора 50 поступают сигналы: со знаком плюс со второго задатчика 49, равный начальному значению угла поворота исполнительного органа электропривода $\varphi_{\text{нач}}$; отрицательной обратной связи по углу поворота исполнительного органа электропривода с коэффициентом равным единице; со знаком плюс с первого блока 48, ограничивающего значение своего входного сигнала, равный величине $\frac{1}{24}\omega_{\text{доп}}^{(3)} \cdot t_1^4$. Сумма двух сигналов, поступающих на входы тринадцатого блока алгебраического сумматора 50 со второго задатчика 49 и с первого блока 48, ограничивающего значение своего входного сигнала, равна величине угла поворота исполнительного органа электропривода в конце первого этапа $\varphi_1 = \varphi_{\text{нач}} \pm \frac{1}{24}\omega_{\text{доп}}^{(3)} \cdot t_1^4$. Одиннадцатый блок определения знака сигнала 51 определяет знак сигнала, поступающего с тринадцатого блока алгебраического сумматора 50. Одиннадцатый пропорциональный блок 52 усиливает сигнал, поступающий с одиннадцатого блока определения знака сигнала 51, до величины $\omega_{\text{доп}}^{(3)}$. На входы второго блока алгебраического сумматора 5 поступают сигналы: со знаком минус с первого пропорционального блока 4; со знаком плюс со второго пропорционального блока 10; со знаком минус с третьего пропорционального блока 15; со знаком плюс с четвертого пропорционального блока 20; со знаком минус с пятого пропорционального блока 26; со знаком плюс с шестого пропорционального блока 30; со знаком плюс с седьмого пропорционального блока 35; со знаком минус с восьмого пропорционального блока 40; со знаком плюс с девятого пропорционального блока 43; со знаком минус с десятого пропорционального блока 47; со знаком плюс с одиннадцатого пропорционального блока 52. Пятый интегральный блок 36 интегрирует сигнал, поступающий с седьмого пропорционального блока 35. Тринадцатый блок определения знака сигнала 37 определяет знак сигнала, поступающего с пятого интегрального блока 36. На вход блока сравнения с нулем 32 поступает произведение сигналов: с шестого блока определения знака сигнала 29; с тринадцатого блока определения знака сигнала 37 (произведение реализует пятый блок произведения 31). На выходе второго блока алгебраического сумматора 5 формируется зависимость третьей производной частоты вращения исполнительного органа электропривода от времени $\omega^{(3)}(t)$. На вход первого интегрального блока 7 поступает произведение сигналов: со второго блока алгебраического сумматора 5 и с блока сравнения с нулем 32 (произведение реализует первый блок произведения 6). Первый интегральный блок 7 интегрирует зависимость третьей производной частоты вращения исполнительного органа электропривода от времени $\omega^{(3)}(t)$ и формирует зависимость второй производной частоты

ты вращения исполнительного органа электропривода от времени $\omega^{(2)}(t)$. На вход второго интегрального блока 12 поступает произведение сигналов: с первого интегрального блока 7 и с блока сравнения с нулем 32 (произведение реализует второй блок произведения 11). Второй интегральный блок 12 интегрирует зависимость второй производной частоты вращения исполнительного органа электропривода от времени $\omega^{(2)}(t)$ и формирует зависимость первой производной частоты вращения исполнительного органа электропривода от времени $\omega^{(1)}(t)$. На вход третьего интегрального блока 17 поступает произведение сигналов: со второго интегрального блока 12 и с блока сравнения с нулем 32 (произведение реализует третий блок произведения 16). Третий интегральный блок 17 интегрирует зависимость первой производной частоты вращения исполнительного органа электропривода от времени $\omega^{(1)}(t)$ и формирует зависимость частоты вращения исполнительного органа электропривода от времени $\omega(t)$. На вход четвертого интегрального блока 22 поступает произведение сигналов: с третьего интегрального блока 17 и с блока сравнения с нулем 32 (произведение реализует четвертый блок произведения 21). Четвертый интегральный блок 22 интегрирует зависимость частоты вращения исполнительного органа электропривода от времени $\omega(t)$. На входы третьего блока алгебраического сумматора 23 поступают сигналы: со знаком плюс с выхода четвертого интегрального блока 22 и со знаком плюс со второго задатчика 49. На выходе третьего блока алгебраического сумматора 23 формируется зависимость угла поворота исполнительного органа электропривода от времени $\varphi(t)$.

При увеличении угла поворота исполнительного органа электропривода выполняется условие $\varphi_{\text{кон}} > \varphi_{\text{нач}}$. При этом в интервале времени $0 < t < t_1$ угол поворота исполнительного органа электропривода меньше конечного значения угла поворота $\varphi < \varphi_{\text{кон}}$, поэтому выходной сигнал первого пропорционального блока 4 равен $\omega_{\text{доп}}^{(3)}$; угол поворота исполнительного органа электропривода меньше значения угла поворота в конце девятого этапа $\varphi < \varphi_9$, поэтому выходной сигнал второго пропорционального блока 10 равен $\omega_{\text{доп}}^{(3)}$; угол поворота исполнительного органа электропривода меньше значения угла поворота в конце восьмого этапа $\varphi < \varphi_8$, поэтому выходной сигнал третьего пропорционального блока 15 равен $\frac{1}{2}\omega_{\text{доп}}^{(3)}$; угол поворота исполнительного органа электропривода меньше значения угла поворота в конце седьмого этапа $\varphi < \varphi_7$, поэтому выходной сигнал четвертого пропорционального блока 20 равен $\frac{1}{2}\omega_{\text{доп}}^{(3)}$; угол поворота исполнительного органа электропривода меньше значения угла поворота в конце шестого этапа $\varphi < \varphi_6$, по-

этому выходной сигнал пятого пропорционального блока 26 равен $\omega_{\text{доп}}^{(3)}$; угол поворота исполнительного органа электропривода меньше значения угла поворота в конце пятого этапа $\varphi < \varphi_5$, поэтому выходной сигнал седьмого пропорционального блока 35 равен $\omega_{\text{доп}}^{(3)}$; угол поворота исполнительного органа электропривода меньше значения угла поворота в конце четвертого этапа $\varphi < \varphi_4$, поэтому выходной сигнал восьмого пропорционального блока 40 равен $\omega_{\text{доп}}^{(3)}$; угол поворота исполнительного органа электропривода меньше значения угла поворота в конце третьего этапа $\varphi < \varphi_3$, поэтому выходной сигнал девятого пропорционального блока 43 равен $\frac{1}{2}\omega_{\text{доп}}^{(3)}$; угол поворота исполнительного органа электропривода меньше значения угла поворота в конце второго этапа $\varphi < \varphi_2$, поэтому выходной сигнал десятого пропорционального блока 47 равен $\frac{1}{2}\omega_{\text{доп}}^{(3)}$; угол поворота исполнительного органа электропривода меньше значения угла поворота в конце первого этапа $\varphi < \varphi_1$, поэтому выходной сигнал одиннадцатого пропорционального блока 52 равен $\omega_{\text{доп}}^{(3)}$. Выходной сигналы: шестого блока определения знака сигнала 29 равен единице; шестого пропорционального блока 30 равен $\omega_{\text{доп}}^{(3)}$; второго блока алгебраического сумматора 5 равен $\omega_{\text{доп}}^{(3)}$. В момент времени $t = t_1$ $\varphi = \varphi_1$, поэтому сумма входных сигналов тринадцатого блока алгебраического сумматора 50 меняет свой знак с плюса на минус и происходит переключение в одиннадцатом блоке определения знака сигнала 51. В интервале времени $t_1 < t < 2t_1$ выходной сигнал одиннадцатого пропорционального блока 52 равен $-\omega_{\text{доп}}^{(3)}$; выходной сигнал второго блока алгебраического сумматора 5 равен $-\omega_{\text{доп}}^{(3)}$. В момент времени $t = 2t_1$ $\varphi = \varphi_2$, поэтому сумма входных сигналов двенадцатого блока алгебраического сумматора 45 меняет свой знак с плюса на минус и происходит переключение в десятом блоке определения знака сигнала 46. В интервале времени $2t_1 < t < (2t_1 + t_2)$ выходной сигнал десятого пропорционального блока 47 равен $-\frac{1}{2}\omega_{\text{доп}}^{(3)}$; выходной сигнал второго блока алгебраического сумматора 5 равен 0. В момент времени $t = (2t_1 + t_2)$ $\varphi = \varphi_3$, поэтому сумма входных сигналов одиннадцатого блока алгебраического сумматора 41 меняет свой знак с плюса на минус и происходит переключение в девятом блоке определения знака сигнала 42. В интервале времени $(2t_1 + t_2) < t < (3t_1 + t_2)$ выходной сигнал девятого пропорционального

блока 43 равен $-\frac{1}{2}\omega_{\text{доп}}^{(3)}$; выходной сигнал второго блока алгебраического сумматора 5 равен $-\omega_{\text{доп}}^{(3)}$. В момент времени $t = (3t_1 + t_2)$ $\varphi = \varphi_4$, поэтому сумма входных сигналов десятого блока алгебраического сумматора 38 меняет свой знак с плюса на минус и происходит переключение в восьмом блоке определения знака сигнала 39. В интервале времени $(3t_1 + t_2) < t < (4t_1 + t_2)$ выходной сигнал восьмого пропорционального блока 40 равен $-\omega_{\text{доп}}^{(3)}$; выходной сигнал второго блока алгебраического сумматора 5 равен $\omega_{\text{доп}}^{(3)}$. В момент времени $t = (4t_1 + t_2)$ $\varphi = \varphi_5$, поэтому сумма входных сигналов девятого блока алгебраического сумматора 33 меняет свой знак с плюса на минус и происходит переключение в седьмом блоке определения знака сигнала 34. В интервале времени $(4t_1 + t_2) < t < (5t_1 + t_2)$ выходной сигнал седьмого пропорционального блока 35 равен $-\omega_{\text{доп}}^{(3)}$; выходной сигнал второго блока алгебраического сумматора 5 равен $-\omega_{\text{доп}}^{(3)}$. В момент времени $t = (5t_1 + t_2)$ $\varphi = \varphi_6$, поэтому сумма входных сигналов седьмого блока алгебраического сумматора 24 меняет свой знак с плюса на минус и происходит переключение в пятом блоке определения знака сигнала 25. В интервале времени $(5t_1 + t_2) < t < (6t_1 + t_2)$ выходной сигнал пятого пропорционального блока 26 равен $-\omega_{\text{доп}}^{(3)}$; выходной сигнал второго блока алгебраического сумматора 5 равен $\omega_{\text{доп}}^{(3)}$. В момент времени $t = (6t_1 + t_2)$ $\varphi = \varphi_7$, поэтому сумма входных сигналов шестого блока алгебраического сумматора 18 меняет свой знак с плюса на минус и происходит переключение в четвертом блоке определения знака сигнала 19. В интервале времени $(6t_1 + t_2) < t < (6t_1 + 2t_2)$ выходной сигнал четвертом пропорционального блока 20 равен $-\frac{1}{2}\omega_{\text{доп}}^{(3)}$; выходной сигнал второго блока алгебраического сумматора 5 равен 0. В момент времени $t = (6t_1 + 2t_2)$ $\varphi = \varphi_8$, поэтому сумма входных сигналов пятого блока алгебраического сумматора 13 меняет свой знак с плюса на минус и происходит переключение в третьем блоке определения знака сигнала 14. В интервале времени $(6t_1 + 2t_2) < t < (7t_1 + 2t_2)$ выходной сигнал третьего пропорционального блока 15 равен $-\frac{1}{2}\omega_{\text{доп}}^{(3)}$; выходной сигнал второго блока алгебраического сумматора 5 равен $\omega_{\text{доп}}^{(3)}$. В момент времени $t = (7t_1 + 2t_2)$ $\varphi = \varphi_9$, поэтому сумма входных сигналов четвертого блока алгебраического сумматора 8 меняет свой знак с плюса на минус и происходит переключение во втором блоке определения знака сигнала 9. В интервале времени

$(7t_1 + 2t_2) < t < (8t_1 + 2t_2)$ выходной сигнал второго пропорционального блока 10 равен $-\omega_{\text{доп}}^{(3)}$; выходной сигнал второго блока алгебраического сумматора 5 равен $-\omega_{\text{доп}}^{(3)}$. В момент времени $t = (8t_1 + 2t_2)$ $\varphi = \varphi_{\text{кон}}$, поэтому сумма входных сигналов первого блока алгебраического сумматора 2 равна нулю и происходит переключение в первом блоке определения знака сигнала 3. Выходной сигнал первого пропорционального блока 4 равен нулю; выходной сигнал второго блока алгебраического сумматора 5 равен нулю. Выходной сигнал пятого интегрального блока 36 меняет свой знак с плюса на минус, происходит переключение в тринадцатом блоке определения знака сигнала 37. Входной сигнал пятого блока произведения 31 меняет свой знак с плюса на минус, блок сравнения с нулем 32 меняет свое значение с единицы на нуль. В интервале времени $t > (8t_1 + 2t_2)$ выходные сигналы первого блока произведения 6, второго блока произведения 11, третьего блока произведения 16 и четвертого блока произведения 21 равны нулю. Использование системы обнуляющих блоков позволяет устранить накапливаемую ошибку вычислений при многократном интегрировании.

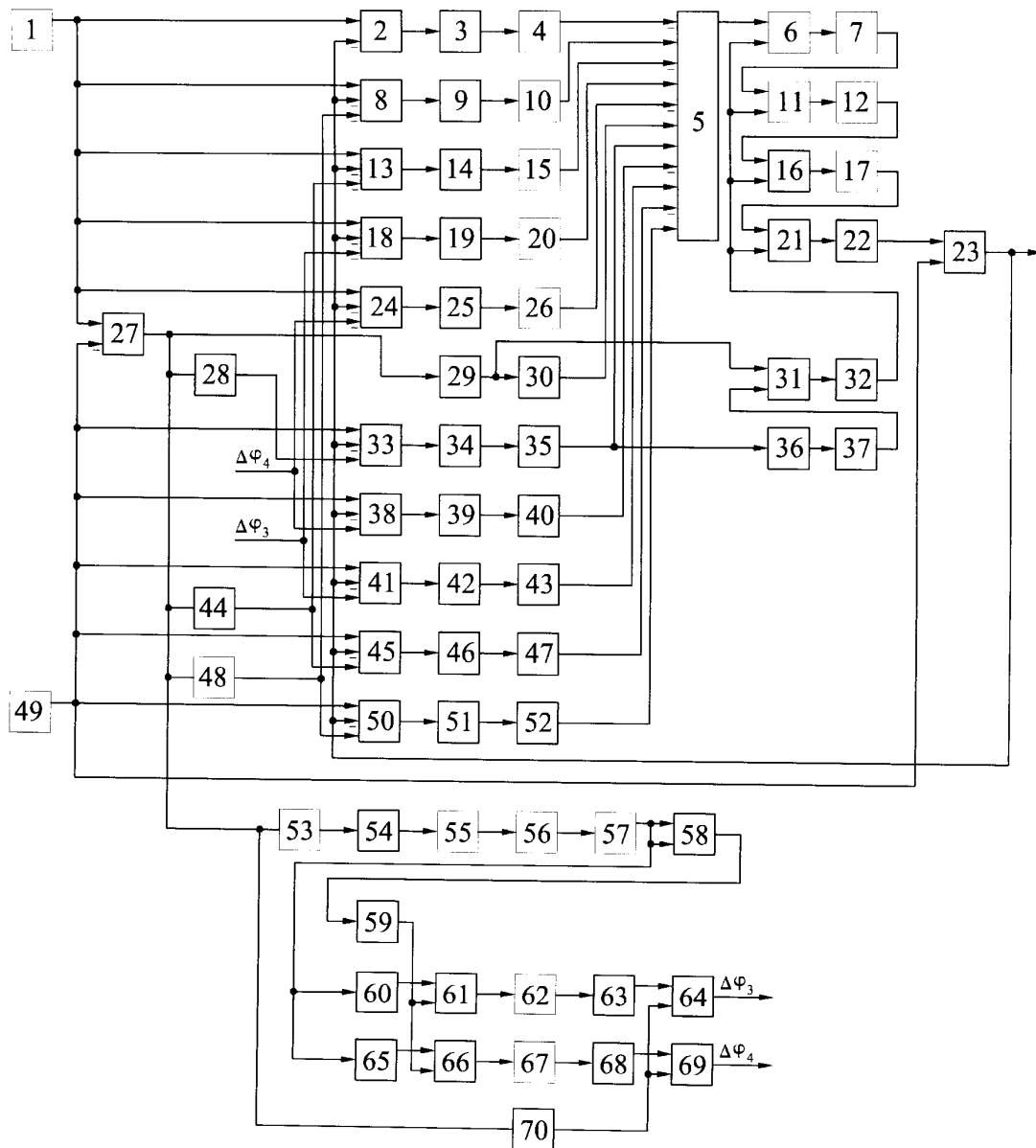
В описании рассмотрен вариант, при котором увеличивается угол поворота исполнительного органа электропривода ($\varphi_{\text{кон}} > \varphi_{\text{нач}}$). Заявляемое устройство обеспечивает формирование сигнала, соответствующего оптимальной по быстродействию диаграмме для средних перемещений исполнительного органа электропривода переменного тока с ограничением первой и третьей производных частоты вращения и при уменьшении угла поворота исполнительного органа электропривода ($\varphi_{\text{кон}} < \varphi_{\text{нач}}$).

Предлагаемое устройство качественно обеспечивает формирование сигнала, соответствующего оптимальной по быстродействию диаграмме для средних перемещений исполнительного органа электропривода переменного тока с ограничением первой и третьей производных частоты вращения.

Точность формирования сигнала, соответствующего оптимальной по быстродействию диаграмме для средних перемещений исполнительного органа электропривода переменного тока с ограничением первой и третьей производных частоты вращения не зависит от задания на перемещение.

Разработано, реализовано и экспериментально исследовано устройство на базе программируемого контроллера, для формирования сигнала, соответствующего оптимальной по быстродействию диаграмме для средних перемещений исполнительного органа электропривода переменного тока с ограничением первой и третьей производных частоты вращения.

Устройство для формирования сигнала, соответствующего оптимальной по быстродействию диаграмме для средних перемещений исполнительного органа электропривода переменного тока с ограничением первой и третьей производных частоты вращения



Фиг. 1