



Преобразователь измерительный ТМА-301

Руководство по эксплуатации

СОДЕРЖАНИЕ

1 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ	4
2 ОПИСАНИЕ И РАБОТА	4
2.1 НАЗНАЧЕНИЕ	4
2.2 УСЛОВИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ	5
2.3 КОМПЛЕКТНОСТЬ	5
2.4 ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ	6
3 УСТРОЙСТВО И РАБОТА.....	8
3.1 СТРУКТУРНАЯ СХЕМА ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ.....	8
3.1.1 Цифроаналоговый преобразователь	8
3.1.2 Узел формирования дискретных сигналов.....	8
3.1.3 Интерфейс RS-485	8
3.1.4 Формирователь питающих и опорных напряжений.....	8
3.1.5 Микроконтроллер со встроенным АЦП	9
3.1.6 Изолирующие усилители	9
3.1.7 Узел индикации	9
3.2 КОНСТРУКЦИЯ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ.....	9
4 ПОДГОТОВКА И ПОРЯДОК РАБОТЫ	10
4.1 ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ОГРАНИЧЕНИЯ.....	10
4.2 РАСПАКОВЫВАНИЕ	10
4.3 ПОРЯДОК УСТАНОВКИ И МОНТАЖА	11
4.3.1 Установка режимов работы преобразователя.....	11
4.3.2 Монтаж и демонтаж преобразователя	11
4.3.3 Установка параметров работы преобразователя	12
4.3.4 Работа ПИД-регулятора	12
4.3.5 Требования к ШИМ-контроллеру.....	16
5 ПОВЕРКА (КАЛИБРОВКА).....	17
6 РЕМОНТ.....	18
7 ХРАНЕНИЕ.....	18
8 ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ	18
9 МАРКИРОВКА.....	19
ПРИЛОЖЕНИЕ А (СПРАВОЧНОЕ) СТРУКТУРНАЯ СХЕМА ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ	20
ПРИЛОЖЕНИЕ Б (СПРАВОЧНОЕ) СХЕМА ПОДКЛЮЧЕНИЯ	22
ПРИЛОЖЕНИЕ В (СПРАВОЧНОЕ) ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ.....	23
ПРИЛОЖЕНИЕ Г (СПРАВОЧНОЕ) СХЕМА РАСПОЛОЖЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ.....	30
ПРИЛОЖЕНИЕ Д (СПРАВОЧНОЕ) ГАБАРИТНЫЙ ЧЕРТЕЖ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ.....	31

В настоящем руководстве по эксплуатации приведено описание технических данных, состава, основных принципов построения и режимов работы, правил эксплуатации и технического обслуживания преобразователя измерительного ТМА-301 (далее – преобразователь).

Структурная схема преобразователя приведена в приложении А.

Схема подключения преобразователей приведена в приложении Б.

Информационное обеспечение преобразователя приведено в приложении В.

Схема расположения элементов приведена в приложении Г.

Габаритный чертеж преобразователя приведен в приложении Д.

1 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

1.1 По способу защиты человека от поражения электрическим током преобразователь соответствует классу III по ГОСТ Р МЭК 60950-2002.

1.2 Преобразователь удовлетворяет нормам промышленных радиопомех, установленным для оборудования класса А по ГОСТ 30805.22-2013, и не должен применяться в жилых, коммерческих и производственных зонах с малым энергопотреблением и подключаться к низковольтным распределительным электрическим цепям.

1.3 Во внешней цепи питания преобразователя должен быть установлен плавкий предохранитель на номинальный ток от 0,25 до 0,50 А.

2 ОПИСАНИЕ И РАБОТА

2.1 Назначение

2.1.1 Преобразователь имеет две модификации, различающиеся видом выходного сигнала управления:

– модификация ТМА-301 формирует выходной непрерывный сигнал постоянного тока или напряжения постоянного тока;

– модификация ТМА-301.1 формирует два выходных дискретных сигнала управления.

Полное наименование преобразователя при заказе образуется из наименования преобразователя, его условного наименования и обозначения технических условий. Пример записи наименования при заказе, а также при указании в конструкторской или иной документации:

Преобразователь измерительный ТМА-301 ТУ 4217-027-28829549-2003;

Преобразователь измерительный ТМА-301.1 ТУ 4217-027-28829549-2003.

2.1.2 Сведения о сертификации приводятся на электронном носителе, входящем в комплект поставки изделия.

2.1.3 Преобразователь предназначен для измерения и преобразования в цифровой код входных непрерывных сигналов постоянного тока и напряжения постоянного тока по трем независимым каналам, преобразования цифровых данных в выходные непрерывные сигналы постоянного тока, напряжения постоянного тока либо в дискретные сигналы, обмена информацией по последовательному интерфейсу.

Программное обеспечение преобразователя обеспечивает также выполнение функции пропорционально-интегрально-дифференцирующего (ПИД) регулятора (точного поддержания заданных параметров в различных технологических процессах).

2.1.4 Область применения преобразователя – системы измерения, контроля и управления технологическими процессами и объектами нефтяной и газовой промышленности, энергетики и других отраслей, в том числе с целью технического и коммерческого учета энергоносителей и создания систем обеспечения безопасности.

2.1.5 Преобразователи выполнены в унифицированном пластмассовом корпусе, со степенью защиты от внешних воздействий IP20, обеспечивающем крепление преобразователя на рельс монтажный типа DIN 35.

2.1.6 Метрологические характеристики преобразователя устанавливаются в соответствии с ГОСТ 22261-94.

2.2 Условия окружающей среды

2.2.1 Преобразователь сохраняет свои технические характеристики в следующих климатических условиях:

- температура окружающей среды – от минус 20 до плюс 60 °С;
- относительная влажность воздуха – до 95 % при температуре плюс 40 °С;
- атмосферное давление – от 84,0 до 106,7 кПа (от 630 до 800 мм рт. ст.).

2.2.2 Преобразователь сохраняет работоспособность при воздействии синусоидальных вибраций частотой от 10 до 55 Гц и амплитудой перемещения (половинный размах) 0,35 мм.

2.3 Комплектность

2.3.1 Преобразователь ТМА-301 поставляется в следующей комплектности:

- 1) Преобразователь измерительный ТМА-301 ТУ 4217-027-28829549-2003 – 1 шт.;
- 2) Преобразователь измерительный ТМА-301. Паспорт – 1 экз.;
- 3) Гарантийный талон – 1 экз.;
- 4) Перемычка САВ4 – 1 шт.;
- 5) Упаковка – 1 комплект.

2.3.2 Преобразователь ТМА-301.1 поставляется в следующей комплектности:

- 1) Преобразователь измерительный ТМА-301.1 ТУ 4217-027-28829549-2003 – 1 шт.;
- 2) Преобразователь измерительный ТМА-301.1. Паспорт – 1 экз.;
- 3) Гарантийный талон – 1 экз.;
- 4) Перемычка САВ4 – 1 шт.;
- 5) Упаковка – 1 комплект.

П р и м е ч а н и я

1 Руководство по эксплуатации, методика поверки, копии разрешительных документов и сервисное программное обеспечение размещены на сайте компании www.elsesy.ru.

2 По согласованию с заказчиком комплект поставки может изменяться.

2.4 Технические характеристики

Технические характеристики преобразователя приведены в таблице 1.

Таблица 1

Наименование параметра	Ед. изм.	Значение	Примечание
1 Количество гальванически разделенных каналов: – аналогового ввода – аналогового вывода – дискретного вывода	шт. шт. шт.	3 1 2	ТМА-301, ТМА-301.1 ТМА-301 ТМА-301.1
2 Количество пропорционально-интегрально-дифференцирующих (ПИД) регуляторов*	шт.	3	
3 Диапазоны преобразования: – напряжения постоянного тока – постоянного тока	В мА	от минус 10 до плюс 10 от минус 20 до плюс 20	Выбирается переключками
4 Диапазон формирования выходных сигналов: – напряжения постоянного тока – постоянного тока	В мА	от минус 10 до плюс 10 от 0 до 20	Задается программно
5 Пределы допускаемой основной приведенной погрешности преобразования постоянного тока и напряжения постоянного тока: – для ТМА-301 – для ТМА-301.1	% %	$\pm 0,1$ $\pm 0,2$	
6 Пределы допускаемой приведенной погрешности преобразования постоянного тока и напряжения постоянного тока в рабочих условиях эксплуатации: – для ТМА-301 – для ТМА-301.1	% %	$\pm 0,15$ $\pm 0,30$	
7 Пределы допускаемой основной приведенной погрешности формирования постоянного тока и напряжения постоянного тока	%	$\pm 0,1$	
8 Пределы допускаемой приведенной погрешности формирования постоянного тока и напряжения постоянного тока в рабочих условиях эксплуатации	%	$\pm 0,15$	
9 Дискретность преобразования входного напряжения, не более	мВ	6	
10 Дискретность формирования выходного напряжения, не более	мВ	4	
11 Дискретность формирования выходного тока, не более	мкА	4	
12 Значение допустимой перегрузки по входу	%	50	От верхнего предела диапазона измерения

Таблица 1

Наименование параметра	Ед. изм.	Значение	Примечание
13 Входное сопротивление в режиме измерения напряжения	кОм	от 140 до 260	
14 Входное сопротивление в режиме измерения тока	Ом	от 248,75 до 251,25	
15 Допускаемое сопротивление нагрузки: – в режиме формирования тока, не более – в режиме формирования напряжения, не менее	Ом Ом	500 1000	Защита от короткого замыкания в цепи нагрузки
16 Коэффициент подавления помехи нормального вида, не менее	дБ	20	При времени интегрирования 40 мс
17 Коэффициент подавления помехи общего вида, не менее	дБ	80	
18 Время преобразования входного сигнала, не более	с	5	
19 Скорость нарастания (спада) выходного сигнала	мВ/мс (мкА/мс)	от 1 до 1000	
20 Максимальное коммутируемое напряжение канала дискретного вывода	В	42	
21 Максимальный коммутируемый ток канала дискретного вывода	А	0,5	
22 Остаточное падение напряжения на открытом ключе, не более	В	0,5	
23 Период формирования выходного сигнала ШИМ	мс	от 2 до 60000	
24 Дискретность формирования выходного сигнала ШИМ	мс	2	
25 Пределы допускаемой абсолютной погрешности формирования выходного сигнала ШИМ в рабочих условиях эксплуатации не более	мс	от минус 3 до плюс 1	
26 Напряжение гальванического разделения: – цепи питания от корпуса, интерфейса и выходных сигналов – цепей интерфейса, выходных сигналов между собой и от корпуса	В В	750 500	Эфф. значение в течение 1 мин.
27 Диапазон напряжений питания	В	от 18 до 36	
28 Ток потребления, не более	А	0,23	
29 Максимальная скорость обмена по последовательному интерфейсу	Кбит/с	115,2	
30 Среднее время наработки на отказ, не менее	ч	80 000	
31 Средний срок службы, не менее	лет	15	
32 Габаритные размеры, не более	мм	23×99×115	
33 Масса, не более	кг	0,2	
<p>П р и м е ч а н и е – * ПИД-регулятор предназначен для точного поддержания заданных параметров в различных технологических процессах, а также измерения и формирования сигналов напряжения и тока. В преобразователе ТМА-301 используется ПИД-регулятор с выходом ЦАП (цифроаналоговый преобразователь), в преобразователе ТМА-301.1 – ПИД-регулятор с ШИМ-выходом (широотно-импульсный модулятор)</p>			

3 УСТРОЙСТВО И РАБОТА

3.1 Структурная схема преобразователя

Структурная схема преобразователя приведена в приложении А. Преобразователь ТМА-301 состоит из следующих основных узлов (см. рисунок А.1):

- цифроаналоговый преобразователь (ЦАП);
- интерфейс RS-485;
- формирователь питающих и опорных напряжений (ИП);
- микроконтроллер со встроенным аналого-цифровым преобразователем (МК);
- изолирующие усилители А1–А3;
- узел индикации (ИН);

Преобразователь ТМА-301.1 (см. рисунок А.2) взамен ЦАП имеет узел формирования дискретных сигналов DO.

3.1.1 Цифроаналоговый преобразователь

ЦАП предназначен для формирования выходных непрерывных сигналов по двум выходным каналам (напряжение и ток). Преобразователь выполнен на основе интегрального 14-разрядного ЦАП. Выходы имеют гальваническое разделение от питающего напряжения и МК.

3.1.2 Узел формирования дискретных сигналов

Узел формирования дискретных сигналов DO предназначен для вывода дискретных выходных сигналов управления по двум гальванически разделенным каналам. Он выполнен на основе электронных коммутаторов с гальваническим разделением (оптронов).

3.1.3 Интерфейс RS-485

Интерфейс RS-485 служит для преобразования сигналов микропроцессора в сигналы стандарта RS-485 и их гальванического разделения от цепей питания и МК.

По интерфейсу RS-485 производится:

- прием информации о текущих значениях измеренных и выходных сигналах преобразователя;
- задание параметров конфигурации;
- прием диагностической информации;
- управление преобразователем при поверке и калибровке.

Преобразователь поддерживает протокол Modbus RTU (slave-устройство). Перечень информации, доступной по интерфейсу (информационное обеспечение), приведен в приложении В.

3.1.4 Формирователь питающих и опорных напряжений

ИП преобразует напряжение питания преобразователя (от 18 до 36 В) в напряжения, необходимые для работы его узлов, а также обеспечивает гальваническое разделение последовательного интерфейса с внешним питающим напряжением. В схему питания входит формирователь опорного напряжения, необходимый для работы встроенного в микроконтроллер АЦП.

3.1.5 Микроконтроллер со встроенным АЦП

МК управляет работой всех функциональных узлов преобразователя по алгоритму, находящемуся во внутренней FLASH-памяти программ. МК имеет встроенный двенадцатиразрядный аналого-цифровой преобразователь (АЦП) последовательного приближения.

Основными функциями МК являются:

- измерение входных сигналов, их программное интегрирование с заданным временем;
- обработка входного сигнала по заданному алгоритму (вычисление функций ПИД-регулирования) с параметрами, установленными по последовательному интерфейсу;
- управление выходным сигналом ЦАП;
- диагностирование работоспособности узлов преобразователя;
- приём и передача информации по последовательному интерфейсу;
- управление индикацией.

3.1.6 Изолирующие усилители

Изолирующие усилители А1–А3 обеспечивают гальваническое разделение измерительных каналов ввода между собой и от цепей МК.

Для перевода канала в режим измерения тока во входной цепи каждого канала имеется шунт, подключаемый с помощью переключки. Входы усилителей защищены от перегрузки с помощью стабилитронов и самовосстанавливающихся предохранителей.

3.1.7 Узел индикации

На лицевой панели преобразователя расположены три индикатора – "Работа", "Связь", "Авария".

Индикатор "Работа" (зеленого цвета свечения) отражает нормальное состояние преобразователя в процессе работы.

Индикатор "Связь" (желтого цвета свечения) включается во время обмена по последовательному интерфейсу.

Индикатор "Авария" (красного цвета свечения) сигнализирует об отказе преобразователя.

3.2 Конструкция преобразователя

Преобразователь состоит из пластмассового корпуса и платы с установленными на ней элементами электрической схемы, индикаторами и зажимами для подключения внешних соединений.

Корпус имеет зажим для установки на монтажный рельс типа DIN 35. На лицевой панели преобразователя расположены индикаторы режима работы.

Детали корпуса преобразователя соединяются с помощью защелок, что позволяет отделить переднюю крышку с платой от корпуса и вынуть плату для установки переключек задания режимов работы. Расположение элементов на плате преобразователя приведено в приложении Г.

Монтаж электронных компонентов выполнен на печатной плате с применением технологии поверхностного монтажа.

4 ПОДГОТОВКА И ПОРЯДОК РАБОТЫ

4.1 Эксплуатационные ограничения

Надежная и безопасная работа с преобразователем в процессе эксплуатации обеспечивается при соблюдении указанных ниже ограничений на условия применения преобразователя.

4.1.1 Преобразователь не предназначен для работы во взрывоопасной зоне.

4.1.2 При работе преобразователя должна быть обеспечена свободная циркуляция воздуха через вентиляционные отверстия.

4.1.3 Температура окружающей среды в месте установки преобразователя должна быть от минус 20 до плюс 60 °С.

4.1.4 Не допускается попадание на корпус и внутренние части преобразователя агрессивных химических веществ и их паров.

4.1.5 Преобразователь удовлетворяет нормам промышленных радиопомех, установленным для оборудования класса А по ГОСТ 30805.22-2013, и не должен применяться в жилых, коммерческих и производственных зонах с малым энергопотреблением и подключаться к низковольтным распределительным электрическим цепям.

4.1.6 Все подключения и отключения цепей к преобразователю допускается производить только после снятия питающих напряжений.

4.1.7 Не допускается подача на выходы непрерывного сигнала преобразователя внешних напряжений.

4.1.8 Во внешней цепи питания преобразователя должен быть установлен плавкий предохранитель на номинальный ток от 0,25 до 0,50 А.

4.1.9 Максимальная длина кабельной линии для преобразователя, поддерживающего обмен данными по интерфейсу RS-485, не должна превышать 1000 м.

4.1.10 В качестве коммуникационного кабеля допускается использование только экранированной витой пары (рекомендуемые марки кабеля: МКЭКШВ, КИПЭВ или другие с аналогичными характеристиками).

4.2 Распаковывание

4.2.1 После хранения или транспортирования преобразователя при отрицательной температуре следует выдержать преобразователь в упакованном виде в течение двух часов при комнатной температуре.

4.2.2 Извлечь преобразователь из транспортной тары, проверить соответствие комплектности и заводского номера записи в паспорте.

4.2.3 Произвести первичный осмотр на отсутствие повреждений корпуса, целостности маркировки.

4.3 Порядок установки и монтажа

4.3.1 Установка режимов работы преобразователя

4.3.1.1 Перед монтажом и подключением преобразователя на месте эксплуатации установить режим работы входных каналов преобразователя (измерение тока или напряжения) с помощью установки перемычек, поставляемых в составе изделия, на штыревые соединители ХК3–ХК8. Порядок установки перемычек на соединители приведен в таблице 2.

4.3.1.2 Для доступа к соединителям надавить отверткой на упоры защелок крепления крышки корпуса и извлечь из корпуса плату преобразователя. Расположение соединителей на плате преобразователя приведено в приложении Г.

Таблица 2

Перемычка на соединитель установлена	Перемычку с соединителя снять	Режим работы
ХК3	ХК4	Канал 1, режим "по напряжению"
ХК4	ХК3	Канал 1, режим "по току"
ХК5	ХК6	Канал 2, режим "по напряжению"
ХК6	ХК5	Канал 2, режим "по току"
ХК7	ХК8	Канал 3, режим "по напряжению"
ХК8	ХК7	Канал 3, режим "по току"

4.3.1.3 Если преобразователь является оконечным устройством в сети интерфейса RS-485, то установить перемычку на соединитель ХК2.

4.3.1.4 После установки перемычек плату установить в корпус и состыковать крышку с корпусом.

4.3.2 Монтаж и демонтаж преобразователя

4.3.2.1 Преобразователь должен устанавливаться на монтажный рельс типа DIN 35, закрепленный на вертикальной несущей поверхности, ось рельса может располагаться вертикально или горизонтально. От смещения вдоль рельса в процессе эксплуатации преобразователь должен быть защищен с помощью упоров.

4.3.2.2 Для установки преобразователя зацепить паз корпуса с верхней стороны за кромку рельса и надавить на корпус со стороны металлического фиксатора. Для облегчения установки рекомендуется с помощью отвертки слегка оттянуть защелку фиксатора.

4.3.2.3 Убедиться, что все подключаемые цепи обесточены. Произвести подключения входных, выходных цепей, интерфейса и цепей питания преобразователя в соответствии с приложением Б.

4.3.2.4 Подать питание на преобразователь. На преобразователе должна включиться индикация в соответствии с 3.1.7.

4.3.2.5 Для снятия преобразователя с рельса с помощью отвертки оттянуть защелку фиксатора, потянуть за корпус со стороны фиксатора, затем вывести из зацепления с рельсом верхнюю сторону корпуса.

4.3.3 Установка параметров работы преобразователя

4.3.3.1 Установка режима работы преобразователя производится по последовательному интерфейсу RS-485 (протокол Modbus RTU).

4.3.3.2 Преобразователь поддерживает **функции 03, 16 и стандартные исключения 01, 02, 03, 06**. Объем доступных для чтения и записи параметров преобразователя, порядок их установки приведены в приложении В, где также указаны начальные значения параметров, установленные при поставке устройства с предприятия-изготовителя.

4.3.3.3 Изменение сетевого адреса Modbus устройства и параметров работы преобразователя производится с помощью входящего в комплект поставки программного обеспечения (ПО) *TMA301_View*.

4.3.3.4 Программа *TMA301_View* позволяет также проводить конфигурирование параметров и логики работы программы автономного регулирования преобразователя и параметров ПИД-регулятора (см. 4.3.4).

4.3.3.5 Работа с программой *TMA301_View* производится в соответствии с описанием, размещенном на компакт-диске с программным обеспечением.

4.3.3.6 При работе в составе автоматизированной системы установка начальных параметров может также производиться в соответствии с алгоритмом работы Master-устройства системы.

4.3.3.7 Установить сетевой адрес устройства, режим обмена и скорость в соответствии с топологией сети и параметрами Master-устройства. Адрес устройства может принимать значения от 1 до 247, скорость обмена выбирается из стандартного ряда до величины 115,2 Кбит/с.

Параметры интерфейса (сетевой адрес, режим обмена и скорость) установятся в устройстве после их записи в соответствующие регистры и перезапуска преобразователя командой RESET или снятием питания.

Внимание! Несоответствие в параметрах интерфейса преобразователя и Master-устройства сети Modbus, а также наличие в сети нескольких устройств с одинаковым адресом приведет к потере связи с преобразователем.

4.3.3.8 В случае, если установленные в преобразователе параметры интерфейса неизвестны, следует установить переключку на соединитель штыревой ХК9. При этом в преобразователе установятся начальные значения параметров:

- адрес – 1;
- скорость передачи – 19200 бит/с;
- паритет – четность.

4.3.4 Работа ПИД-регулятора

Программный модуль ПИД-регулирования содержит три ПИД-регулятора ПИД1, ПИД2, ПИД3 с идентичным алгоритмом работы и возможностью их каскадирования.

ПИД-регулятор имеет возможность задания реализации поведения в зоне нечувствительности. Поведение ПИД-регулятора в зоне нечувствительности определяется регистром управления PIDControl (бит 2 регистра управления регулятора, см. пояснение 7 к таблице В.1).

Функциональная схема алгоритма работы ПИД-регулятора (рисунок 1) содержит следующие звенья:

- а) звено, выделяющее сигнал рассогласования $X(k)$;

- б) звено обработки зоны нечувствительности;
- в) ПИД-звено;
- г) звено учета сдвига;
- д) регистр управления регулятора;
- е) звено ограничения выхода;
- ж) звено управления выходом.

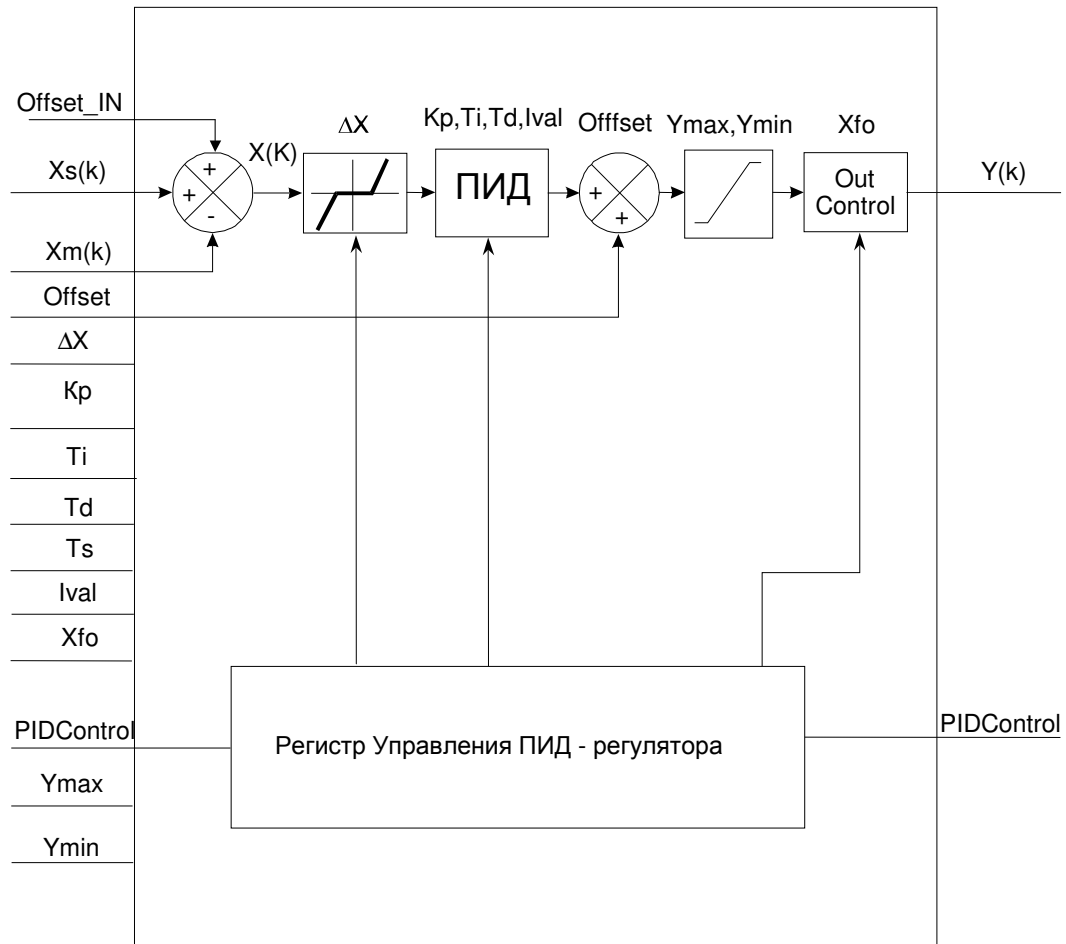


Рисунок 1 – Функциональная схема ПИД-регулятора

4.3.4.1 Звено, выделяющее сигнал рассогласования

Звено, выделяющее сигнал рассогласования, суммирует три входных сигнала – уставку $X_s(k)$, смещение $Offset_IN$ и сигнал обратной связи $X_m(k)$, при этом сигнал обратной связи инвертируется.

Сигнал рассогласования $X(k)$ на выходе этого звена вычисляется по формуле (1):

$$X(k) = X_s(k) - X_m(k) + Offset_IN, \quad (1)$$

4.3.4.2 Звено обработки зоны нечувствительности

Звено обработки зоны нечувствительности не пропускает на свой выход сигнал рассогласования $X(k)$, значение которого находится внутри установленного значения зоны.

Бит 2 регистра управления регулятора **PIDControl** (см. пояснение 7 к таблице В.1) задает режимы работы звена обработки зоны нечувствительности.

Зона нечувствительности (рисунок 2) опционально может иметь гистерезис: вход в зону нечувствительности по нижней границе зоны нечувствительности $\Delta Xdz1$, выход из зоны – по верхней границе зоны нечувствительности $\Delta Xdz2$.

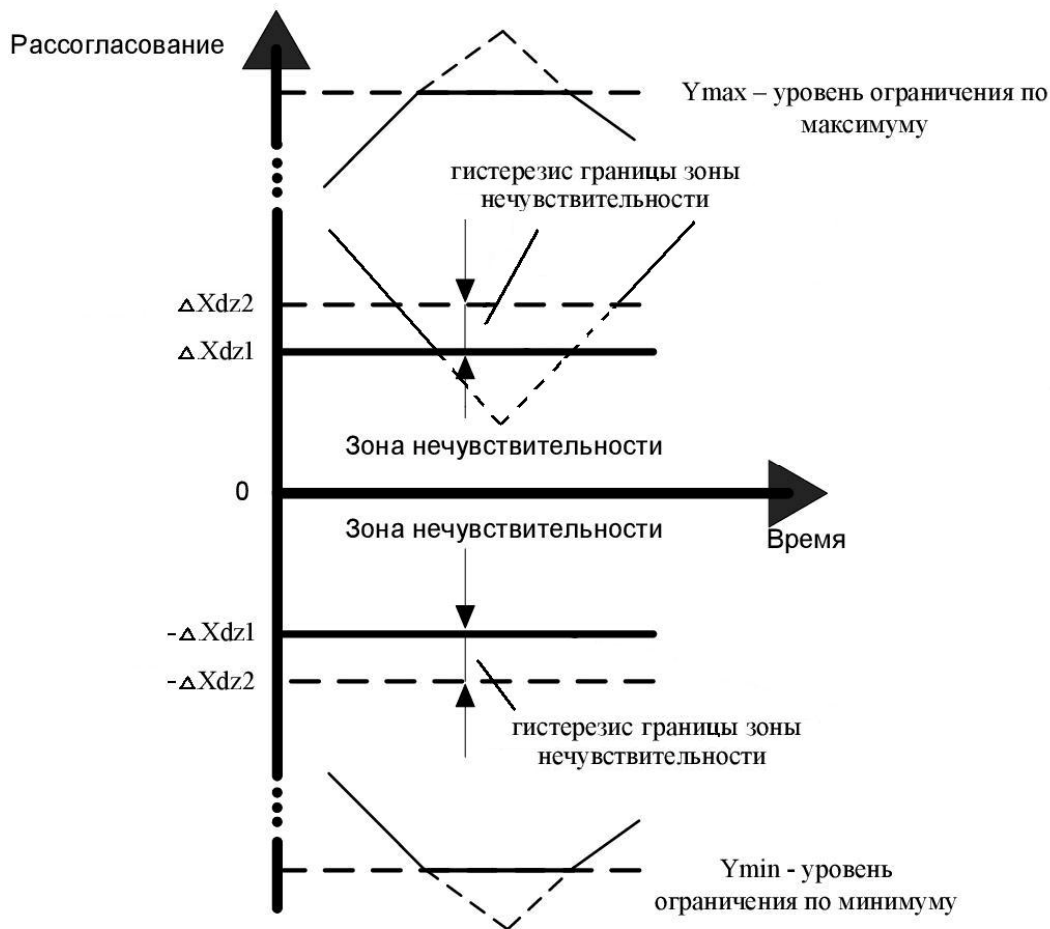


Рисунок 2 – Реализация в зоне нечувствительности и ограничения выходного значения ПИД-регулятора

4.3.4.3 ПИД-звено

ПИД-звено осуществляет расчет пропорциональной, интегральной, дифференциальной составляющих и выходного значения регулятора в зависимости от значений уставки и сигнала обратной связи.

При максимальном значении постоянной времени интегратора управление осуществляется по ПД-закону (пропорционально-дифференциальному закону управления), при равенстве нулю значения дифференциальной постоянной времени – по ПИ-закону (пропорционально-интегральному закону регулирования).

Помимо двух сигнальных входов $Xs(k)$ и $Xm(k)$, алгоритм имеет настроечные входы, которые задают параметры настройки алгоритма (см. таблицу В.1).

4.3.4.4 Звено учета сдвига

Звено учета сдвига добавляет к выходному сигналу ПИД-звена смещение **Offset**.

4.3.4.5 Регистр управления регулятора

Регистр управления **PIDControl** должен содержать флаги управления конфигурацией ПИД-регулятора (см. пояснения 6–8 к таблице В.1).

4.3.4.6 Звено ограничения выхода

Два дискретных флага D_{min} , D_{max} , располагающиеся в регистре состояния ПИД-регулятора (см. таблицу В.1), фиксируют момент наступления ограничения выходного сигнала $Y(k)$.

Логика формирования этих дискретных сигналов определяется таблицей 3.

Таблица 3

Y_1	Y	D_{max}	D_{min}
$Y_{min} < Y_1 < Y_{max}$	$Y = Y_1$	0	0
$Y_1 > Y_{max}$	$Y = Y_{max}$	1	0
$Y_1 < Y_{min}$	$Y = Y_{min}$	0	1

П р и м е ч а н и я

1 Y_1 – сигнал на входе звена ограничения.

2 D_{min} – сигнал ограничения выходного значения Y по максимальному уровню (бит 0 в регистре состояния ШИМ).

3 D_{max} – сигнал ограничения выходного значения Y по минимальному уровню (бит 1 в регистре состояния ШИМ).

4 $Y_{max} > Y_{min}$

4.3.4.7 Звено управления выходом

При поступлении сигнала в блок **Out Control** (Управление выходом) (рисунок 1) и установленном бите 0 в регистре управления ПИД-регулятора, на выход поступит значение X_{fo} , иначе на выходе будет рассчитанный сигнал ПИД-регулятора (см. пояснение 7 к таблице В.1).

4.3.4.8 Алгоритм ПИД-регулятора

Выходное значение ПИД-регулятора вычисляется по формуле (2):

$$Y(k) = U_p(k) + U_i(k) + U_d(k) + \text{Offset} \quad (2)$$

где $U_p(k)$ – пропорциональная составляющая;

$U_i(k)$ – интегральная составляющая (при $T_i = 0$ установить $U_i(k) = 0$);

$U_d(k)$ – дифференциальная составляющая;

Offset – смещение.

Текущее значение рассогласования $X(k)$ вычисляется по формуле (1). При значении $X(k) < \Delta X$, где ΔX – величина зоны нечувствительности, присваивается значение $X(k) = 0$.

Пропорциональная составляющая вычисляется по формуле:

$$U_p(k) = K_p \cdot X(k) / 100, \quad (3)$$

где K_p – пропорциональный коэффициент регулятора (кратен 0,01).

Для вычисления интегральной составляющей используется формула (4):

$$U_i(k) = U_i(k-1) + T_s \cdot X(k) / (2T_i), \quad (4)$$

где T_i – постоянная времени интегрирования (мс);

T_s – период входных выборок.

Для вычисления дифференциальной составляющей используется формула (5):

$$U_d(k) = T_d \cdot (X(k) - X(k-1)) / T_s \quad (5)$$

где T_d – постоянная времени дифференцирования;

T_s – период входных выборок.

После расчета выходного значения по формуле (2) результат ограничивается звеном ограничения выхода. Затем расчет повторяется для следующего интервала времени.

4.3.5 Требования к ШИМ-контроллеру

Выходное значение (вход ШИМ-контроллера) задается в регистре **OUTSW** (см. таблицу В.1).

Максимальный период формирования ШИМ (**T_{pwm}**) – не более 60 с.

Величина дискрета формирования ШИМ – 2 мс.

При положительной составляющей с выхода ПИД-регулятора включается работа ШИМ дискретного канала 1, при этом на выходе ШИМ дискретного канала 2 будет "0".

При отрицательной составляющей с выхода ПИД-регулятора включается работа ШИМ дискретного канала 2, при этом на выходе ШИМ дискретного канала 1 будет "0".

Алгоритм работы ШИМ соответствует схеме, приведенной на рисунке 3, и состоит из следующих циклов:

а) считывание данных из элемента базы данных *IN_PWM*;

б) выполнение детектирования входного сигнала и разложения его на положительную и отрицательную составляющие, которые подаются на компараторы 1 и 2;

в) расчет закона формирования выходного сигнала модуля. Закон формирования пилообразно изменяющейся величины задается в параметрах работы модуля (см. таблицу В.1);

г) задание типа вывода (инверсный или нормальный) переменными *TypeOut1* и *TypeOut2* в бите 1 регистра состояния ШИМ, установленном в "0" (*StartForceOut* = 0) или значений дискретных выходов **OUT1** и **OUT2** переменными *TypeOut1* и *TypeOut2* при *StartForceOut* = 1 (см. таблицу В.5);

д) формирование сигнала управления в течение заданного периода **T_{pwm}**. По окончании периода формирования **T_{pwm}** производится считывание данных из элемента базы данных *IN_PWM* согласно перечислению 1.

OUT1 и **OUT2** определяют состояния дискретных выходов модуля.

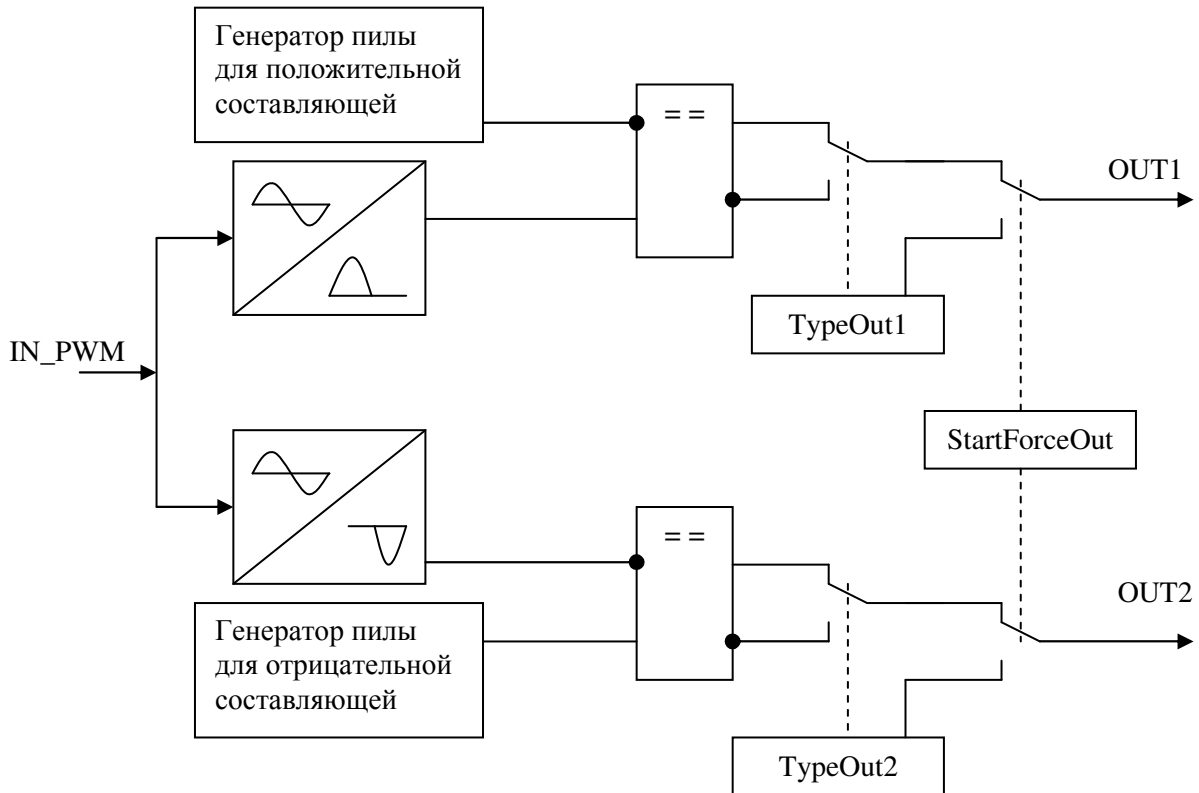


Рисунок 3 – Структурная схема работы ШИМ-контроллера

Форма пилообразно изменяющейся величины задается в соответствии с рисунком 4 и таблицей В.1.

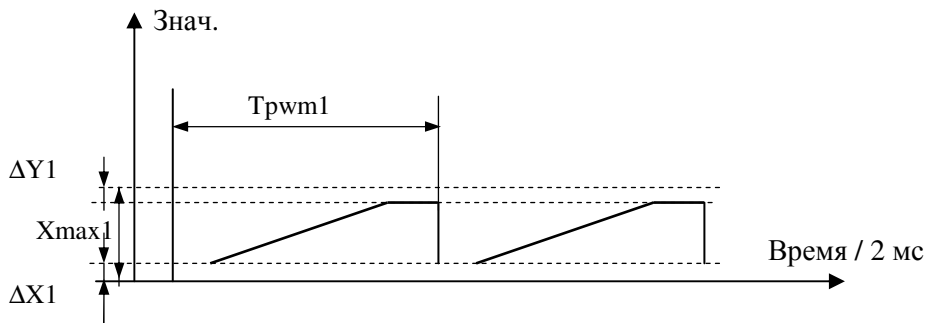


Рисунок 4 – Форма пилообразно меняющегося напряжения с выхода генератора пилы

Зона нечувствительности опционально может иметь гистерезис: вход в зону нечувствительности по нижней границе зоны нечувствительности ΔX_{dz1_pwm} , выход из зоны – по верхней границе зоны нечувствительности ΔX_{dz2_pwm} .

5 ПОВЕРКА (КАЛИБРОВКА)

В случае применения преобразователя в сферах государственного регулирования обеспечения единства измерений, при выпуске из производства проводится его поверка.

В остальных случаях, по согласованию с потребителем преобразователя, при выпуске из производства возможно проведение калибровки. Результаты поверки (калибровки) заносятся в раздел 4 паспорта.

Поверка (калибровка) преобразователя производится в соответствии с документом "Преобразователи измерительные ТМА. Методика поверки".

Межповерочный интервал (периодичность калибровки) – 2 года.

6 РЕМОНТ

Ремонт преобразователя должен проводиться предприятием-изготовителем либо специализированными организациями, имеющими соответствующую ремонтную документацию и специально обученный персонал.

7 ХРАНЕНИЕ

7.1 Преобразователь должен храниться в следующих условиях:

– в отапливаемых помещениях в упаковочной таре при температуре окружающей среды от плюс 5 до плюс 50 °С, относительной влажности воздуха от 5 до 95 % при температуре плюс 35 °С;

– в неотапливаемых помещениях в транспортной таре при температуре окружающей среды от минус 50 до плюс 70 °С и относительной влажности от 5 до 100 % при температуре плюс 40 °С.

7.2 В помещении для хранения должны отсутствовать пары кислот, щелочей и других агрессивных примесей, вызывающих коррозию. Помещение должно быть защищено от грызунов и других биологических вредителей.

8 ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ

8.1 Преобразователь может транспортироваться всеми видами транспорта в транспортной таре предприятия-изготовителя в соответствии с правилами транспортирования грузов на соответствующем виде транспорта.

8.2 При транспортировании упаковка преобразователя должна быть защищена от прямого воздействия атмосферных осадков.

8.3 В транспортной таре преобразователь выдерживает воздействие температуры окружающего воздуха от минус 55 до плюс 70 °С и относительной влажности от 5 до 100 % при 40 °С.

8.4 В транспортной таре преобразователь выдерживает механико-динамические нагрузки вдоль трех взаимно-перпендикулярных осей по группе F3 ГОСТ Р 52931-2008, в том числе удары при свободном падении с высоты 1000 мм.

9 МАРКИРОВКА

9.1 Маркировка преобразователя соответствует ГОСТ 26828-86 и ГОСТ Р МЭК 60950-2002. На боковых сторонах преобразователя нанесены маркировочные таблички, на которых указаны:

- полное наименование преобразователя;
- схема или таблица подключения внешних цепей;
- обозначение рабочего температурного диапазона;
- диапазон питающих напряжений и ток потребления;
- заводской порядковый номер;
- дата изготовления (год и месяц);
- наименование страны изготовителя;
- матричный код, расшифровка матричного кода;
- знак обращения продукции ЕАС.

На лицевой панели преобразователя указаны:

- товарный знак предприятия-изготовителя;
- условное наименование преобразователя;
- условное обозначение индикаторов;
- знак утверждения типа.

Для сохранности маркировки в течение всего срока службы не допускается использовать для очистки мест маркировки органические растворители и абразивные вещества.

Приложение А
(справочное)

Структурная схема преобразователя

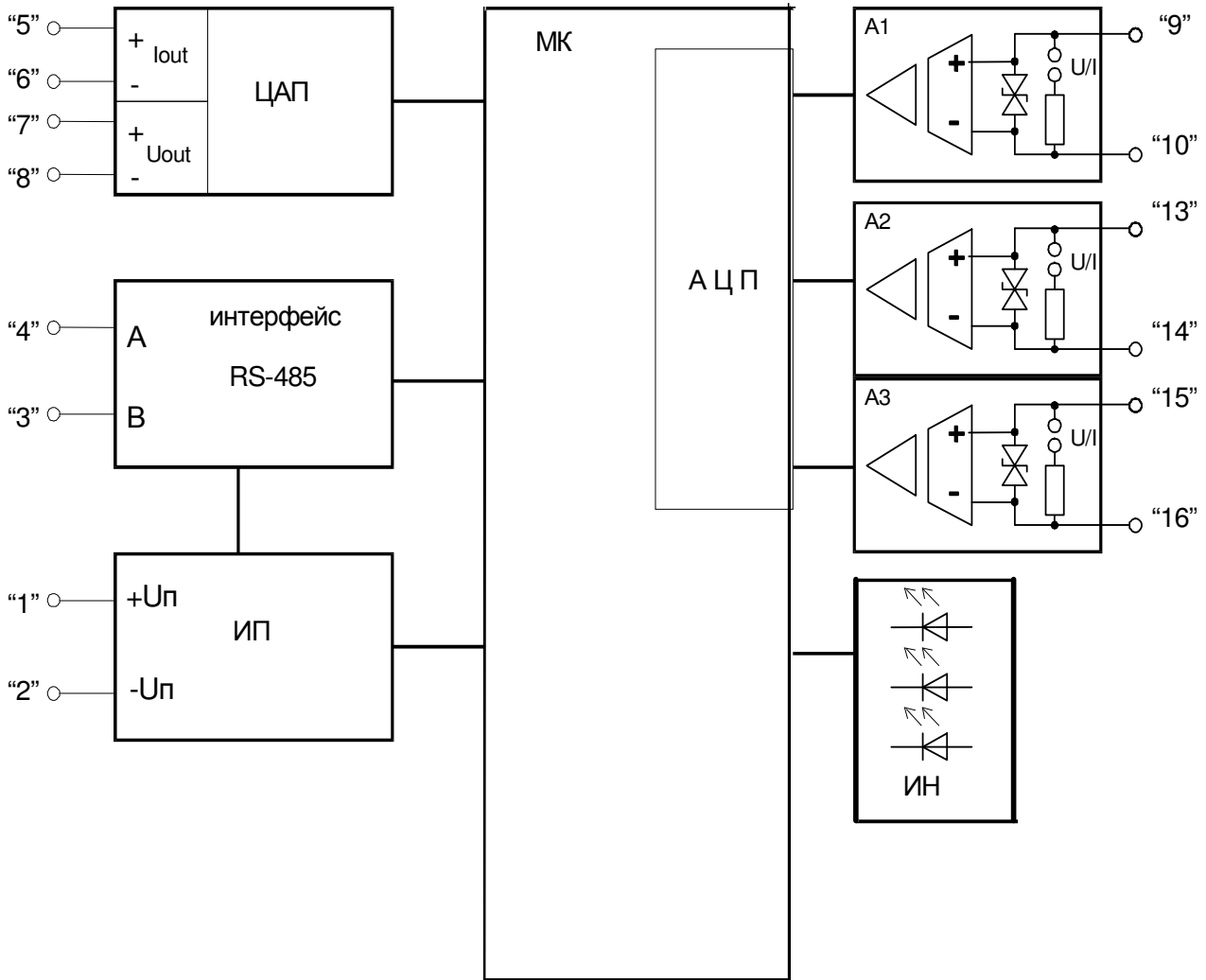


Рисунок А.1 – Структурная схема преобразователя ТМА-301

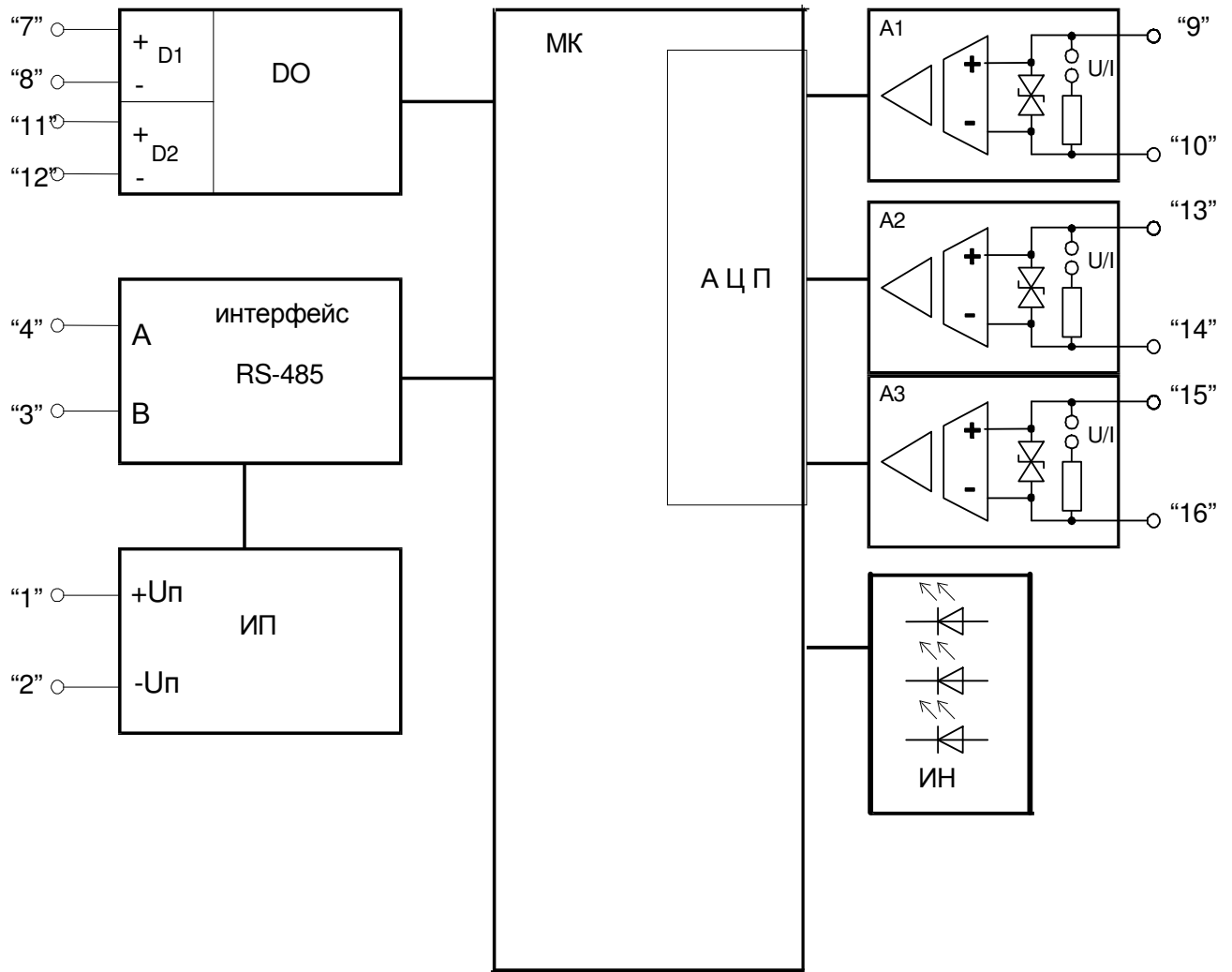


Рисунок А.2 – Структурная схема преобразователя ТМА-301.1

Приложение Б (справочное)

Схема подключения

Таблица Б.1 – Преобразователь ТМА-301. Назначение зажимов внешних подключений

Контакт	Наименование цепи	Назначение	Характеристика цепи
1	+24 В	Плюс питания	от 18 до 36 В постоянного тока, 100 мА макс.
2	0 В	Минус питания	
3	В	Интерфейс RS-485	Сигналы стандарта RS-485
4	А		
5	Выход VI+	Токовый выход +	от 0 до 20 мА; от минус 10 до плюс 10 В
6	Выход VI-	Токовый выход –	
7	Выход VU	+ Выход по напряжению	
8	Общий В	– Выход по напряжению	
9	Вход 1+	Вход + Канал 1	
10	Вход 1-	Вход – Канал 1	
13	Вход 2+	Вход + Канал 2	
14	Вход 2-	Вход – Канал 2	
15	Вход 3+	Вход + Канал 3	
16	Вход 3-	Вход – Канал 3	

Таблица Б.2 – Преобразователь ТМА-301.1. Назначение зажимов внешних подключений

Контакт	Наименование цепи	Назначение	Характеристика цепи
1	+24 В	Плюс питания	от 18 до 36 В постоянного тока, 100 мА макс.
2	0 В	Минус питания	
3	В	Интерфейс RS-485	Сигналы стандарта RS-485
4	А		
7	Выход Д1+	Дискретный выход DO1	42 В, 0,5 А
8	Выход Д1-		
9	Вход 1+	вход + Канал 1	от 0 до 20 мА от минус 10 до плюс 10 В
10	Вход 1-	вход – Канал 1	
11	Выход Д2+	Дискретный выход DO2	42 В, 0,5 А
12	Выход Д2-		
13	Вход 2+	вход + Канал 2	от 0 до 20 мА; от минус 10 до плюс 10 В
14	Вход 2-	вход – Канал 2	
15	Вход 3+	вход + Канал 3	
16	Вход 3-	вход – Канал 3	

Приложение В (справочное)

Информационное обеспечение

Таблица В.1 – Информационное обеспечение

Наименование параметра	Ед. изм	Диапазон задания	Нач. значение	Тип доступа	Адрес RG Modbus (hex)
Тип модуля				R	0000h
Регистрационный номер изделия				R	0001h
Дата изготовления ¹⁾				R	0002h
Версия ПО				R	0003h
Время интегрирования канала 1	мс	от 0 до 2000	40	RW	0030h
Время интегрирования канала 2	мс	от 0 до 2000	40	RW	0031h
Время интегрирования канала 3	мс	от 0 до 2000	40	RW	0032h
Скорость нарастания/спада выходного сигнала	мВ (мкА)/ мс	0 ²⁾ , (1-1000)	0	RW	0033h
Начальное значение выхода (канал 4)	мВ (мкА)			RW	0034h
Режимы работы ³⁾					0038h-003Eh
Режим работы входа (канал 1) I/U		1, 2		RW	0038h
Режим работы входа (канал 2) I/U		1, 2		RW	0039h
Режим работы входа (канал 3) I/U		1, 2		RW	003Ah
Режим работы выхода (канал 4) I/U		1, 2		RW	003Bh
Режим работы преобразователя ⁴⁾		1, 2		RW	003Ch
Адрес Modbus	-	1...247	1	RW	0101h
Скорость передачи	бит/с ×100	24, 48, 96, 192, 375, 576, 1152	192	RW	0102h
Кол-во стоп бит (MSB), паритет (LSB) ⁵⁾	-	0, 1, 2	2	RW	0103h
Счетчик сбросов модуля				RW	0104h
Область параметров регулятора 1					0108h-0017h
INSW ⁶⁾ – Коммутатор значения уставки для ПИД-регулятора				RW	0108h
XsDEF – Вход уставки, задаваемой по Modbus	мВ (мкА)	от – 10000 до 10000		RW	0109h
ΔXdz2 – верхняя граница зоны нечувствительности	мВ (мкА)	от 0 до 3000	0	RW	010Ah
Kp – коэффициент пропорциональности	к×0,01	от 0 до 65535	100	RW	010Bh
Ti – постоянная времени интегрирования	мс×2	от 0 до 65535	65535	RW	010Ch
Td – постоянная времени дифференцирования	мс×100	от 0 до 65535	0	RW	010Dh
Ts – период входных выборок	мс×2	от 1 до 1000	2	RW	010Eh
Ymax – уровень ограничения по максимуму	мВ (мкА)	от -20000 до 20000	20000	RW	010Fh
Ymin – уровень ограничения по минимуму	мВ (мкА)	от -20000 до 20000	-20000	RW	0110h

Таблица В.1 – Информационное обеспечение

Наименование параметра	Ед. изм	Диапазон задания	Нач. значение	Тип доступа	Адрес RG Modbus (hex)
Offset – смещение выхода ПИД-регулятора	мВ (мкА)	от -20000 до 20000	0	RW	0111h
PIDControl ⁷⁾ – регистр управления ПИД-регулятора	-	от 0 до 7	0	RW	0112h
XfoDEF – установка значения для принудительного вывода (при включении питания)	мВ (мкА)	от -10000 до 10000	0	RW	0113h
Offset_IN – смещение входа ПИД-регулятора	мВ (мкА)	от -20000 до 20000	0	RW	0114h
$\Delta Xdz1$ – нижняя граница зоны нечувствительности	мВ (мкА)	от 0 до 2000	0	RW	0115h
Резерв					0116h-0117h
Область параметров регулятора 2					0118h-0127h
INSW ⁶⁾ – Коммутатор значения уставки для ПИД-регулятора				RW	0118h
XsDEF – Вход уставки, задаваемой по Modbus	мВ (мкА)	от -10000 до 10000		RW	0119h
$\Delta Xdz2$ – верхняя граница зоны нечувствительности	мВ (мкА)	от 0 до 3000	0	RW	011Ah
Kp – коэффициент пропорциональности	к×0,01	от 0 до 65535	100	RW	011Bh
Ti – постоянная времени интегрирования	мс×2	от 0 до 65535	65535	RW	011Ch
Td – постоянная времени дифференцирования	мкс×100	от 0 до 65535	0	RW	011Dh
Ts – период входных выборок	мс×2	от 1 до 1000	2	RW	011Eh
Ymax – уровень ограничения по максимуму	мВ (мкА)	от -20000 до +20000	20000	RW	011Fh
Ymin – уровень ограничения по минимуму	мВ (мкА)	от -20000 до 20000	-20000	RW	0120h
Offset – смещение выхода ПИД-регулятора	мВ (мкА)	от -20000 до 20000	0	RW	0121h
PIDControl ⁷⁾ – регистр управления ПИД-регулятора	-	от 0 до 7	0	RW	0122h
XfoDEF – установка значения для принудительного вывода (при включении питания)	мВ (мкА)	от -10000 до 10000	0	RW	0123h
Offset_IN – смещение входа ПИД-регулятора	мВ (мкА)	от -20000 до 20000	0	RW	0124h
$\Delta Xdz1$ – нижняя граница зоны нечувствительности	мВ (мкА)	от 0 до 2000	0	RW	0125h
Резерв					0126h-0127h
Область параметров регулятора 3					0128h-0137h
INSW ⁶⁾ – Коммутатор значения уставки для ПИД-регулятора				RW	0128h
XsDEF – Вход уставки, задаваемой по Modbus	мВ (мкА)	от -10000 до 10000		RW	0129h
$\Delta Xdz2$ – верхняя граница зоны нечувствительности	мВ (мкА)	от 0 до 3000	0	RW	012Ah

Таблица В.1 – Информационное обеспечение

Наименование параметра	Ед. изм	Диапазон задания	Нач. значение	Тип доступа	Адрес RG Modbus (hex)
Kp – коэффициент пропорциональности	k×0,01	от 0 до 65535	100	RW	012Bh
Ti – постоянная времени интегрирования	мс×2	от 0 до 65535	65535	RW	012Ch
Td – постоянная времени дифференцирования	мкс×100	от 0 до 65535	0	RW	012Dh
Ts – период входных выборок	мс×2	от 1 до 1000	2	RW	012Eh
Ymax – уровень ограничения по максимуму	мВ (мкА)	от –20000 до 20000	20000	RW	012Fh
Ymin – уровень ограничения по минимуму	мВ (мкА)	от –20000 до 20000	–20000	RW	0130h
Offset – смещение выхода ПИД-регулятора	мВ (мкА)	от –20000 до 20000	0	RW	0131h
PIDControl ⁷⁾ – регистр управления ПИД-регулятора	-	от 0 до 7	0	RW	0132h
XfoDEF – установка значения для принудительного вывода (при включении питания)	мВ (мкА)	от –10000 до 10000	0	RW	0133h
Offset_IN – смещение входа ПИД-регулятора	мВ (мкА)	от -20000 до 20000	0	RW	0134h
ΔXdz1 – нижняя граница зоны нечувствительности	мВ (мкА)	от 0 до 2000	0	RW	0135h
Резерв					0136h-0137h
OUTSW ⁸⁾ – коммутатор выхода для программного модуля ПИД-регулирующего		0, 1, 2, 3	0	RW	0138h
Область параметров работы ШИМ (дискретный канал 1)					0140h-0147h
ΔXdz1_pwm – нижняя граница зоны нечувствительности около нуля для положительной составляющей	мВ (мкА)	от 0 до 2000	100	RW	0140h
ΔXdz2_pwm – верхняя граница зоны нечувствительности около нуля для положительной составляющей	мВ (мкА)	от 0 до 3000	200	RW	0141h
Trwm1 – период формирования пилы ШИМ для положительной составляющей	мс	от 0 до 60000	60000	RW	0142h
Xmax1 – максимальная амплитуда пилы ШИМ для положительной составляющей	мВ (мкА)	от 0 до 20000	20000	RW	0143h
ΔY1 – величина зоны нечувствительности около амплитуды пилы для положительной составляющей	мВ (мкА)	от 0 до 2000	0	RW	0144h
Резерв					0145h-0147h
Область параметров работы ШИМ (дискретный канал 2)					0148h-014Fh
ΔXdz1_pwm – нижняя граница зоны нечувствительности около нуля для отрицательной составляющей	мВ (мкА)	от 0 до 2000	100	RW	0148h

Таблица В.1 – Информационное обеспечение

Наименование параметра	Ед. изм	Диапазон задания	Нач. значение	Тип доступа	Адрес RG Modbus (hex)
ΔX_{dz2_pwm} – верхняя граница зоны нечувствительности около нуля для отрицательной составляющей	мВ (мкА)	от 0 до 3000	200	RW	0149h
Trwm1 – период формирования пины ШИМ для отрицательной составляющей	мс	от 0 до 60000	60000	RW	014Ah
Xmax1 - максимальная амплитуда пины ШИМ для отрицательной составляющей	мВ (мкА)	от 0 до 20000	20000	RW	014Bh
$\Delta Y1$ – величина зоны нечувствительности около амплитуды пины для отрицательной составляющей	мВ (мкА)	от 0 до 2000	0	RW	014Ch
Резерв					014Dh-014Fh
Измерительные или вх./вых. данные: Значение АЦП канала 1 Значение АЦП канала 2 Значение АЦП канала 3 Выходные данные канала 4 (значение ЦАП)	мВ (мкА)	от -10000 до +10000 (от 0 до 20000)		R R R RW	400h-403h 400h 401h 402h 403h
Статус модуля ⁹⁾				R	0404h
Область параметров регулятора 1 при автономном режиме					0410h-0417h
Xs(k) – вход уставки	мВ (мкА)			RW	0410h
Xm(k) – вход обратной связи	мВ (мкА)			RW	0411h
Y(k) – выход регулятора	мВ (мкА)			R	0412h
STATE ¹⁰⁾ – регистр состояния регулятора				RW	0413h
Xfo – вход значения для принудительного вывода	мВ (мкА)			RW	0414h
Ival – предустановка интегратора				RW	0415h
Значение интегральной составляющей				R	0416h
Значение рассогласования				R	0417h
Область параметров регулятора 2 при автономном режиме					0418h-041Fh
Xs(k) – вход уставки	мВ (мкА)			RW	0418h
Xm(k) – вход обратной связи	мВ (мкА)			RW	0419h
Y(k) - выход регулятора	мВ (мкА)			R	041Ah
STATE ¹¹⁾ – регистр состояния регулятора				RW	041Bh
Xfo – вход значения для принудительного вывода	мВ (мкА)			RW	041Ch
Ival – предустановка интегратора				RW	041Dh
Значение интегральной составляющей				R	041Eh
Значение рассогласования				R	041Fh
Область параметров регулятора 3 при автономном режиме					0420h-0427h
Xs(k) – вход уставки	мВ (мкА)			RW	0420h
Xm(k) – вход обратной связи	мВ (мкА)			RW	0421h
Y(k) – выход регулятора	мВ (мкА)			RW	0422h

Таблица В.1 – Информационное обеспечение

Наименование параметра	Ед. изм	Диапазон задания	Нач. значение	Тип доступа	Адрес RG Modbus (hex)
STATE ¹⁰⁾ – регистр состояния регулятора				RW	0423h
Xfo – вход значения для принудительного вывода	мВ (мкА)			RW	0424h
Ival – предустановка интегратора				RW	0425h
Значение интегральной составляющей				R	0426h
Значение рассогласования				R	0427h
RESET ¹¹⁾ – регистр сброса регуляторов 1-3				RW	0428h
Область параметров ШИМ					0430h-0432h
Регистр состояния ШИМ ¹²⁾				RW	0430h
Регистр принудительного задания выхода дискретного канала 1 (используется в режиме "независимые выходы, выходы")		05555h, 0AAAAh		RW	0431h
Регистр принудительного задания выхода дискретного канала 2 (используется в режиме "независимые выходы, выходы")		05555h, 0AAAAh		RW	0432h
Программный RESET преобразователя при записи в регистр значения 0AAAAh				W	0777h
<p>Примечание – Обозначение типа доступа: <i>R</i> – только чтение (запись в данный регистр (ячейку) невозможна), <i>RW</i> – произвольное чтение, запись регистра (ячейки), <i>W</i> – только запись (чтение данного регистра (ячейки) невозможно)</p>					

Пояснения к таблице В.1:

1) Поле "Дата изготовления" имеет формат:

MSB:

биты 7-4 – год;

биты 3-0 – месяц;

LSB – число месяца;

2) При установке значения "0" время установления выходного сигнала определяется параметрами ЦАП и составляет не более 0,1 мс.

3) Режим работы входа (выхода):

1 – вход (выход) по току;

2 – вход (выход) по напряжению;

4) Режим работы преобразователя:

1 – режим независимых входов, выходов;

2 – режим регулятора;

5) Режим интерфейса:

0 – отсутствие паритета;

1 – нечетный паритет;

2 – четный паритет;

б) Коммутатор источника сигнала для входа уставки:

минус 1 – данный регулятор отключен;

0 – по Modbus;

1 – с выхода ПИД1;

2 – с выхода ПИД2;

3 – с выхода ПИД3;

4 – с входа обратной связи ПИД1;

5 – с входа обратной связи ПИД2;

6 – с входа обратной связи ПИД3;

7) Регистр управления ПИД-регулятора:

бит 0 – режим формирования сигнала $Y(k)$:

0 – выход регулятора;

1 – повторение входа X_{fo} ;

бит 1 – тип регулятора:

0 – прямой;

1 – реверсивный;

бит 2 – реализация зоны нечувствительности:

0 – рост интегральной составляющей остановлен, пропорциональная и дифференциальная составляющие составляющие равны "0";

1 – на выходе устанавливается нуль (пропорциональная, дифференциальная, интегральная составляющие приравниваются к нулю);

8) Коммутатор задает источник, с которого будет выдаваться выходное значение преобразователя. При этом выход будет формироваться в зависимости от значения регистра:

0 – по Modbus (из регистра 403h);

1 – с выхода ПИД1;

2 – с выхода ПИД2;

3 – с выхода ПИД3;

9) Назначение битов регистра "Статус модуля" приведено в таблице В.2;

10) Назначение битов регистра "STATE" приведено в таблице В.3;

11) Назначение битов регистра "RESET" приведено в таблице В.4;

12) Назначение битов регистра "Состояния ШИМ" приведено в таблице В.5.

Таблица В.2 – Назначение битов регистра Статус модуля

Номер бита	Назначение
0	Авария внутреннего ОЗУ
1	Авария внешнего ОЗУ
2	Авария FLASH

3	Ошибка контрольной суммы параметров модуля
4	Отказ схемы формирования сигналов модуля
5	Резерв
6	Резерв
7	Не было обновления данного сигнала
8–15	Резерв

Таблица В.3 - Назначение битов регистра STATE

Номер бита	Обозначение	Назначение
0	D_{\min}	Сигнал ограничения выходного значения $Y(k)$ по минимальному уровню
1	D_{\max}	Сигнал ограничения выходного значения $Y(k)$ по максимальному уровню
2	OV	Переполнение арифметики
3	Cival	Вход управления для принудительной установки интегрального элемента с входа Ival
4–15	-	Резерв

Таблица В.4 - Назначение битов регистра RESET

Номер бита	Обозначение	Назначение
0	Cr1	Вход управления для сброса регулятора 1
1	Cr2	Вход управления для сброса регулятора 2
2	Cr3	Вход управления для сброса регулятора 3
3–15	-	Резерв

Таблица В.5 - Назначение битов регистра состояния ШИМ

Номер бита	Обозначение	Назначение
0	RESET_PWM	Сброс автомата ШИМ. 0 – нормальная работа; 1 автомат ШИМ в состоянии сброса
1	StartForceOut	Тип выхода. 0 – нормальный вывод; 1 – устанавливает на дискретных выходах значения, присвоенные переменным TypeOut1 и TypeOut2
2	TypeOut1	При StartForceOut == 0 определяет тип вывода дискретного канала 1: 0 – прямой вывод; 1 – инверсный вывод. При StartForceOut == 1 задает состояние дискретного выхода дискретного канала 1
3	TypeOut2	При StartForceOut == 0 определяет тип вывода дискретного канала 2: 0 – прямой вывод; 1 – инверсный вывод. При StartForceOut == 1 задает состояние дискретного выхода дискретного канала 2
4–15	-	Резерв

Приложение Г
(справочное)

Схема расположения элементов

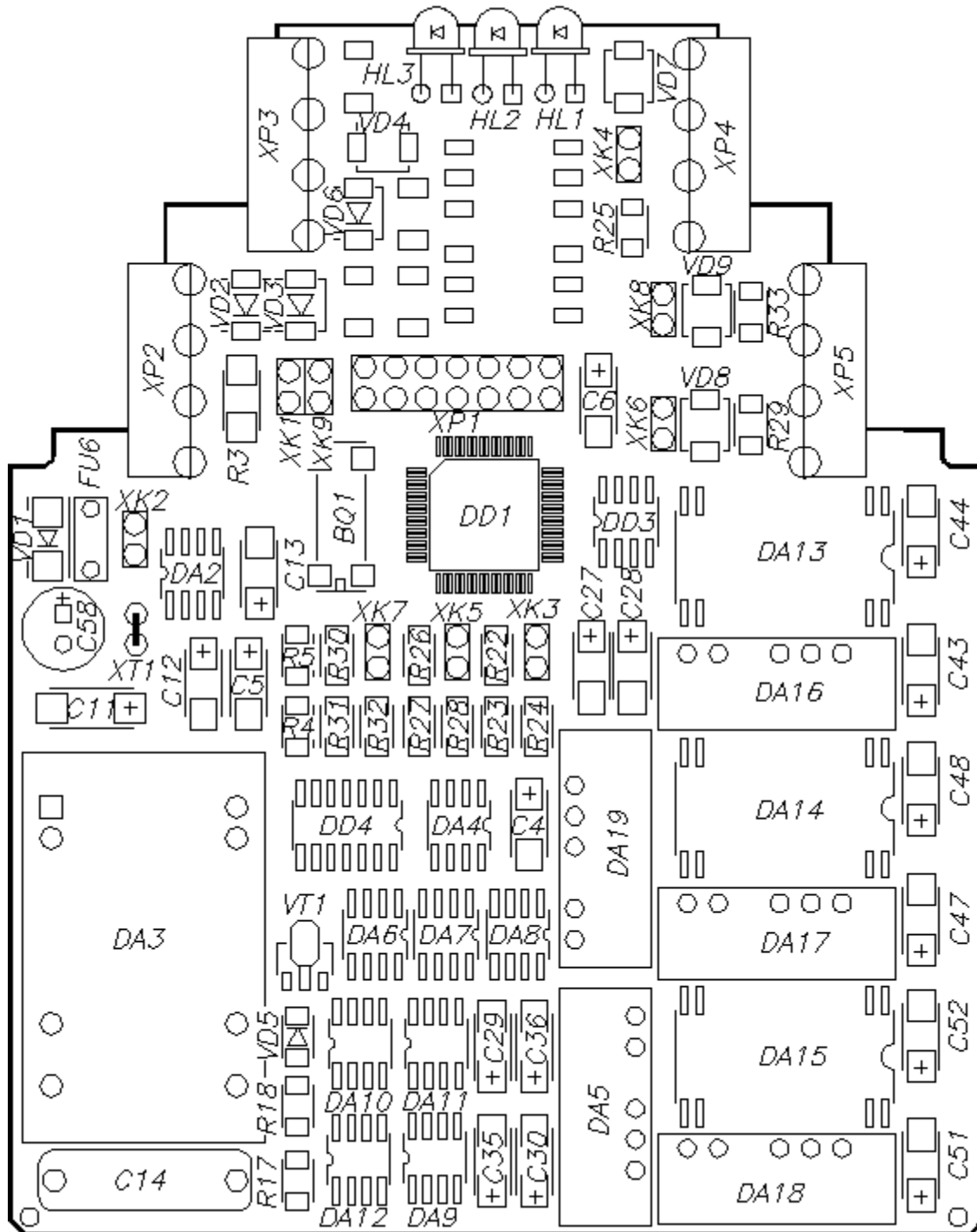


Рисунок Г.1 – Схема расположения элементов

Приложение Д (справочное)

Габаритный чертеж преобразователя

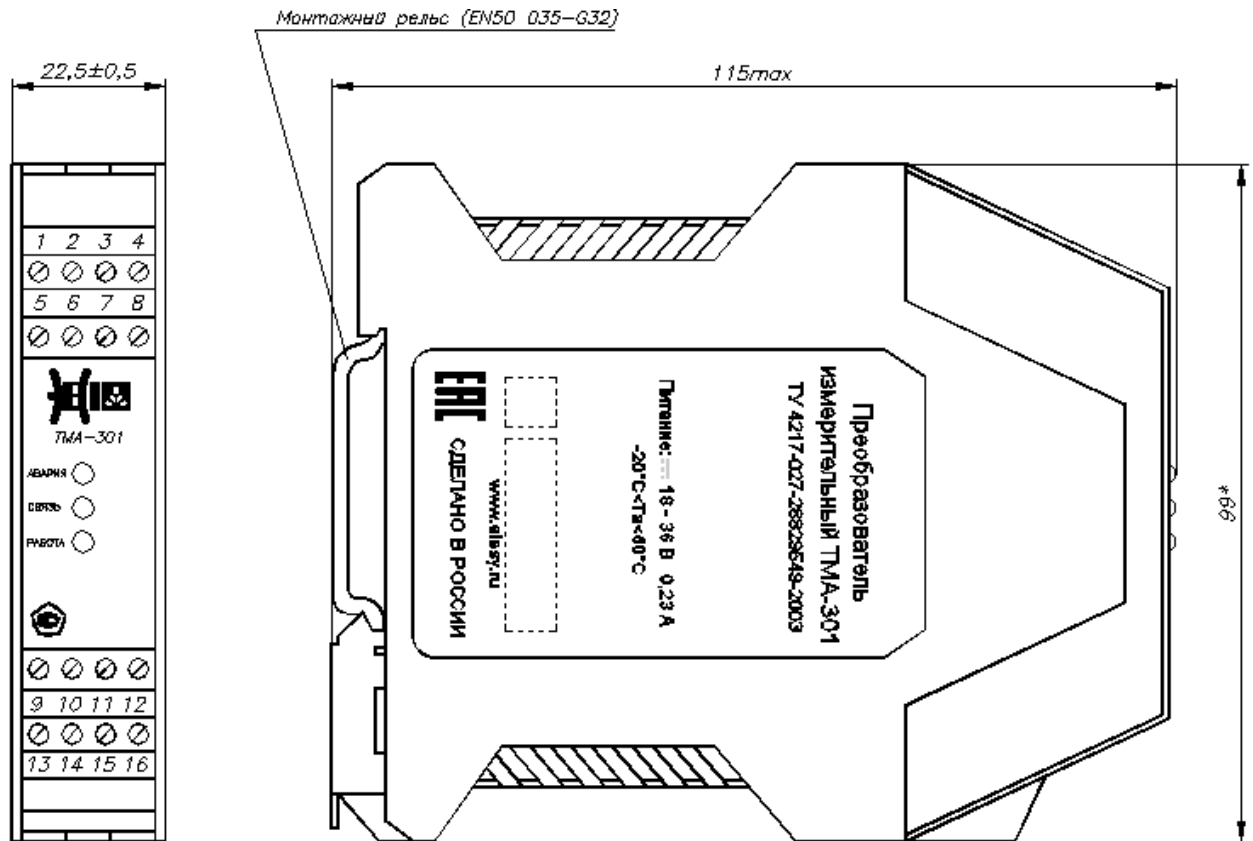


Рисунок Д.1 – Габаритный чертеж преобразователя

Лист регистрации изменений

Изм.	Номера листов (страниц)				Всего листов (страниц) в докум.	№ докум.	Подп.	Дата
	измененных	замененных	новых	аннулированных				
1		Все				ИФУГ.444-03		
2		Все				ИФУГ.693-03		11.12.03
3		9,17-24				ИФУГ.92-04		17.02.04
4		Все				ИФУГ.447-04		22.06.04
5		Все				ИФУГ.798-04		29.09.04
6		5,6				ИФУГ.284-05		28.04.05
7		Все				ИФУГ.635-06		07.06.06
8		Все				ИФУГ.1278-08		21.10.08
9		Все				ИФУГ.627-09		01.07.09
10		Все				ИФУГ.1208-09		26.10.09
11		Все	28, 29			ИФУГ.749-12		10.09.12
12		Все			29	ПСЕА.30-15		12.02.15
13		2				ПСЕА.41-16		17.02.16
14		Все	30-33		33	ПСЕА.31-18		28.04.18
15		1,5,6,8			32	ПСЕА.И89-19		15.08.19