ОКП 42 1725
(ОКПД2 27.12.23)

ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ТЕМПЕРАТУРЫ ВТОРИЧНЫЕ ИСКРОБЕЗОПАСНЫЕ ЛПА-350

РУКОВОДСТВО ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ

ОЛПА-21.018.30 РЭ

Санкт-Петербург

2021

Содержание

Введение **4**

1 Назначение изделия **5**

2 Технические характеристики **6**

3 Обозначение исполнений преобразователей (информация для заказа) **10**

4 Структура и работа преобразователей **11**

5 Схемы подключения **12**

5.1 Схемы подключения входных цепей преобразователя 12

5.2 Схемы подключения выходных цепей преобразователя 14

5.3 Схемы подключения напряжения питания преобразователя 18

5.4 Схема подключения преобразователя по интерфейсу RS-485 20

6 Конфигурирование преобразователя **21**

6.1 Конфигурирование режимов работы преобразователя 21

6.2 Конфигурирование основных параметров входов 22

6.3 Конфигурирование параметров выходов 23

6.4 Конфигурирование параметров интерфейса RS-485 и протокола Modbus RTU 23

6.5 Конфигурирование дополнительных параметров 24

6.6 Конфигурация по умолчанию 26

7 Применение преобразователя совместно с объединительным модулем ЛПА-300 **28**

8 Применение преобразователя при установке на шину T-BUS **31**

9 Связь с преобразователем по протоколу Modbus RTU **32**

10 Обеспечение искробезопасности **36**

11 Конструкция **37**

12 Маркировка и пломбирование **38**

13 Хранение и упаковка **39**

14 Использование преобразователя **40**

14.1 Эксплуатационные ограничения 40

14.2 Порядок установки и обеспечение искробезопасности при монтаже 40

14.3 Порядок работы и обеспечение искробезопасности при эксплуатации 40

14.4 Проверка работоспособности преобразователя 41

14.5 Индикация 42

14.6 Возможные состояния выходов преобразователей 43
15 Поверка преобразователя 45
16 Ремонт 46
17 Транспортирование и хранение 47
18 Сведения об утилизации 48
Приложение А 49
Приложение Б 50

Введение

Настоящее руководство по эксплуатации ОЛПА-21.018.30 РЭ (в дальнейшем – РЭ) содержит сведения, необходимые для ознакомления с принципами действия и особенностями работы преобразователей температуры вторичных искробезопасных ЛПА-350-АВС (в дальнейшем – преобразователи).

В РЭ приведены сведения о функциях и характеристиках преобразователей.

Эксплуатация преобразователей должна осуществляться специально обученным обслуживающим персоналом, изучившим настоящее РЭ.

1 Назначение изделия

Преобразователи предназначены для приема, преобразования и линеаризации сигналов от термопреобразователей сопротивления (ТС) и термопар (ТП), сигналов сопротивления и напряжения постоянного тока, выдачи выходных унифицированных аналоговых сигналов, обеспечения связи по интерфейсу RS-485, а также для обеспечения искробезопасности электрических цепей устройств, устанавливаемых во взрывоопасных зонах помещений и наружных установок.

Преобразователи с искробезопасными электрическими цепями уровня "ia" выполнены в соответствии с требованиями ГОСТ 31610.11-2014, ГОСТ 31610.0-2019, имеют маркировки взрывозащиты «[Ex ia Ga] IIC», «[Ex ia Ga] IIB», [Ex ia Da] IIIC, [Ex ia Ma] I и предназначены для установки вне взрывоопасных зон.

К преобразователям ЛПА-350-АВС могут подключаться устанавливаемые во взрывоопасных зонах помещений и наружных установок первичные преобразователи, выполненные с видом взрывозащиты «Искробезопасная электрическая цепь i», маркировка взрывозащиты которых и максимальные параметры искробезопасных электрических цепей соответствуют маркировкам и максимальным параметрам преобразователей; простые устройства по ГОСТ 31610.11-2014; пассивные первичные преобразователи, удовлетворяющие требованиям п.7.3.72 ПУЭ, устанавливаемые во взрывоопасных зонах помещений и наружных установок согласно гл.7.3 ПУЭ и другим нормативным документам, регламентирующим применение электрооборудования во взрывоопасных зонах.

Преобразователи могут подключаться к вторичной аппаратуре, не имеющей гальванической развязки от регистрирующих устройств, но питаемой от силового трансформатора общего назначения.

Искробезопасность электрических цепей преобразователей достигается применением специальных схемотехнических решений, предназначенных для ограничения напряжения и тока в искробезопасной цепи (***см. п.10 «Обеспечение искробезопасности»***).

2 Технические характеристики

Преобразователи обеспечивают:

- Прием, преобразование и линеаризацию сигнала от термопреобразователей сопротивления и термопар, а также прием сигналов напряжения постоянного тока и сигналов сопротивления постоянному току.
- Выдачу унифицированных выходных сигналов постоянного тока 0…20 мА; 4…20 мА и сигналов напряжения 0…5 В; 1…5 В; 0…10 В; 2…10 В.
- Гальваническое разделение входных цепей от выходных цепей и цепей питания, а также гальваническое разделение между входами. Выходы гальванически связаны между собой и имеют общий отрицательный полюс, но имеют гальваническое разделение с цепями питания.
- Обмен данными по интерфейсу RS-485 с использованием протокола Modbus RTU при использовании шины T-BUS или установке на объединительные модули ЛПА-300.
- Диагностику 3-проводных линий связи (подключение ТС, R), выходных цепей, наличия питания, работоспособности АЦП, ЦАП и микроконтроллера, целостности встроенного программного обеспечения, заводских калибровочных коэффициентов и конфигурационных параметров, отображение состояния с помощью светодиодной индикации и передачу результатов диагностики в модуль ЛПА-300.

Преобразователи могут самостоятельно или совместно с другими устройствами производства ООО «Ленпромавтоматика» работать с использованием шины T-BUS (см. п.8 настоящего руководства).

Преобразователи могут быть установлены на объединительные модули ЛПА-300 (см. п.7 настоящего руководства).

Преобразователи являются конфигурируемыми изделиями. Доступные при конфигурировании режимы работы и параметры описаны в п.6 настоящего руководства. Конфигурация преобразователей осуществляется при подключении по шине USB с помощью бесплатной программы конфигурации технических средств производства ООО «Ленпромавтоматика».

Преобразователи обеспечивают искробезопасность электрических цепей первичных преобразователей, устанавливаемых во взрывоопасной зоне при максимальных параметрах искробезопасной электрической цепи, включая индуктивность и емкость линии связи, приведенных в таблице 1:

Таблица 1. Максимальные значения искробезопасных электрических цепей преобразователей ЛПА-350 (параметры предельных состояний)

Группа и подгруппы взрывозащищенного электрооборудования	Uo, В	Io, мА	Lo, мГн	Co, мкФ	Po, Вт	Um, В
I	4,6	60	260	1000	0,07	250
IIC			14	100		
IIB/IIIC			50	1000		

Питание преобразователей должно осуществляться посредством напряжения постоянного тока номинальным значением 23,5…24,5 В.

Преобразователи сохраняют работоспособность при изменении напряжения питания в пределах от 18 В до 36 В.

Максимальный ток потребления преобразователей при номинальном напряжении питания — не более 75 мА.

Основная приведенная погрешность преобразования — не более ±0,1% при номинальной величине нагрузки.

Выход преобразователя является активным и рассчитан на работу исключительно с пассивной нагрузкой.

Для выходных сигналов постоянного тока 0…20 мА и 4…20 мА номинальная нагрузка составляет 250 Ом. Максимально допустимая величина нагрузки — 450 Ом.

Для выходных сигналов постоянного напряжения 0…5 В; 1…5 В; 0…10 В; 2…10 В номинальная нагрузка составляет 100 кОм. Минимально допустимая величина нагрузки — 10 кОм.

Дополнительная погрешность преобразования, вызванная воздействием отклонения рабочей температуры от Н.У. (20±5 °С), должна быть не более ±0,005 %/°С во всем диапазоне рабочих температур (от – 40 °С до +70 °С).

Дополнительная приведенная погрешность преобразования, вызванная изменением напряжения питания преобразователя от номинального — не более ± 0,002 %/В.

Для выходных сигналов 0…20 мА и 4…20 мА дополнительная приведенная погрешность преобразования, вызванная изменением сопротивления нагрузки относительно номинального (250 Ом) — не более ±0,00003 %/Ом.

Для выходных сигналов 0…5 В; 1…5 В; 0…10 В; 2…10 В дополнительная приведенная погрешность преобразования, вызванная изменением сопротивления нагрузки относительно номинального значения (100 кОм) — не более ±0,00005 %/кОм.

Погрешность компенсации температуры холодного спая при температуре окружающей среды 20±5 °С не превышает ±1 °С.

Входное сопротивление приемника RS-485 минимум 12 кОм (до 32 устройств на линию) для исполнений ЛПА-350-ХХ0.

Входное сопротивление приемника RS-485 минимум 96 кОм (до 256 устройств на линию) для исполнений ЛПА-350-ХХ1.

Преобразователи обеспечивают опрос первичных преобразователей с частотой до 100 Гц. Частота опроса первичных преобразователей зависит от конфигурации преобразователя (см. п.6.5 настоящего руководства).

Электрическая прочность изоляции между входными и остальными цепями не менее 1500 В действующего значения переменного напряжения с частотой от 48 до 62 Гц.

Габаритные размеры преобразователей — не более 140,8х130,6х12,8 мм.

Масса преобразователей — не более 155 г.

По эксплуатационной законченности преобразователи относятся к изделиям второго порядка по ГОСТ Р 52931-2008.

По степени защищенности от воздействия окружающей среды — исполнение пылевлагозащищенное со степенью защиты IP20 по ГОСТ 14254-2015.

Преобразователи устойчивы к воздействию синусоидальных вибраций частотой от 10 до 500 Гц с амплитудой смещения 0,35 мм.

Преобразователи устойчивы к воздействию окружающей среды: рабочей температуры окружающего воздуха от −40 °С до +70 °С, относительной влажности до 90 % при 35 °С (без конденсации влаги).

Преобразователи устойчивы к воздействию атмосферного давления в диапазоне от 84,0 до 106,7 кПа.

Барьеры соответствуют требованиям ТР ТС 020/2011 "Электромагнитная совместимость технических средств". Перечень стандартов, в результате применения которых обеспечивается соблюдение требований технического регламента:
- раздел 8 ГОСТ 30804.6.2-2013 (IEC 61000-6-2:2005) "Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость к электромагнитным помехам технических средств, применяемых в промышленных зонах. Требования и методы испытаний";
- раздел 7 ГОСТ IEC 61000-6-4-2016 "Электромагнитная совместимость (ЭМС). Общие стандарты. Стандарт электромагнитной эмиссии для промышленных обстановок".

Преобразователи в транспортной таре выдерживают воздействие температуры окружающего воздуха от −60 до +70 °С.

Преобразователи в транспортной таре выдерживают воздействие относительной влажности до 100 % при температуре до +30 °С (с конденсацией влаги).

Преобразователи в транспортной таре являются прочными к многократным механическим ударам, действующим вдоль трех взаимно перпендикулярных осей тары, с пиковым ударным ускорением 98 м/с^2, длительностью ударного импульса 16 мс, при числе ударов 1000±10 для каждого направления.

Средний срок службы преобразователей — 12 лет. Назначенный срок службы — 14 лет, в том числе срок хранения 2 года в складских помещениях. По истечении назначенного срока службы следует осуществить проверку и установить новый назначенный срок службы.

Преобразователи могут принимать сигналы напряжения постоянного тока. Минимально возможное значение нижней границы диапазона измерения: минус 140 мВ. Максимально возможное значения верхней границы диапазона измерения: 140 мВ. Минимальная ширина диапазона измерения: 15 мВ.

Преобразователи могут принимать сигналы сопротивления постоянному току. Минимально возможное значение нижней границы диапазона измерения: 5 Ом. Максимально возможное значение верхней границы диапазона измерения: 260 Ом. Минимальная ширина диапазона измерения: 15 Ом.

Преобразователи могут принимать сигналы от термопреобразователей сопротивления с номинальным сопротивлением 50 Ом и 100 Ом, НСХ (номинальная статическая характеристика) преобразования которых должна соответствовать ГОСТ 6651-2009 (выбирается при конфигурировании). Возможна поддержка других номинальных сопротивлений и НСХ, в том числе по заданию заказчика.

Минимально возможные значения нижней границы и максимально возможные значения верхней границы диапазона измерения (устанавливаемых при конфигурировании), а также его минимальная ширина приведены в таблице **2** в зависимости от НСХ термопреобразователя сопротивления.

Дискретность установки границ диапазона измерения — 1 °С

Таблица 2. Значения нижней и верхней границ диапазона измерения, а также его минимальная ширина в зависимости от НСХ термопреобразователя сопротивления.

НСХ преобразования термопреобразователя сопротивления	Минимальное значение нижней границы диапазона измерений, °С	Максимальное значение верхней границы диапазона измерений, °С	Минимальная ширина диапазона измерений, °С
Pt, α = 0,00385	−200	450	100
Pt, α = 0,00391	−200	440	100
Cu, α = 0,00428	−180	200	100

Cu, α = 0,00426	−50	200	100
Ni, α = 0,00617	−69	180	100

Преобразователи поддерживают 3-проводную схему подключения ТС. Другие схемы подключения ТС (2- и 4-проводные) не поддерживаются.

Преобразователи обеспечивают компенсацию сопротивления линии связи с ТС при условии равенства сопротивлений каждой из трех линий связи с ТС. Максимальное сопротивление соединительных проводов на входе составляет 30 Ом для каждого провода.

Ток опроса ТС составляет 1 мА ± 15 %.

Преобразователи могут принимать сигналы от термопар типов R, S, B, J, T, E, K, N, A-1, A-2, A-3, L и M, НСХ преобразования которых соответствуют ГОСТ Р 8.585-2001 (задаются при конфигурировании). Возможна поддержка термопар других типов, в том числе по заданию заказчика.

Минимально возможные значения нижней границы и максимально возможные значения верхней границы диапазона измерения (устанавливаемые при конфигурировании), а также его минимальная ширина приведены в Таблице **3** в зависимости от типа термопары.

Дискретность установки границ диапазона измерения — 1 °С.

Таблица 3. Значения нижней и верхней границ диапазона измерения, а также его минимальная ширина в зависимости от типа термопары.

Тип термопары	Минимальное значение нижней границы диапазона измерений, °С	Максимальное значение верхней границы диапазона измерений, °С	Минимальная ширина диапазона измерений, °С
R	−50	1760	500
S	−50	1760	500
B	300	1820	500
J	−210	1200	500
T	−230	400	500
E	−250	1000	500
K	−250	1370	500
N	−235	1300	500
A-1	0	2500	500
A-2	0	1800	500
A-3	0	1800	500
L	−200	800	500
M	−200	100	300

3 Обозначение исполнений преобразователей (информация для заказа)

Обозначение исполнений преобразователей имеет следующий вид:

ЛПА-350-ABC

Количество входов

1 - один вход
2 - два входа

Количество выходов

0 - нет выходов
1 - один выход
2 - два выхода

RS-485

0 - без гальванического разделения
1 - с гальваническим разделением

Данный вид обозначения следует применять при заказе преобразователей.

Внимание: Исполнения ЛПА-350-21X (два входа, один выход) не выпускаются.

4 Структура и работа преобразователей

Структурная схема преобразователей представлена в приложении А на Рисунке А.1.

В исполнениях с одним входом (ЛПА-350-1XX) отсутствуют блоки А2, А4, А6, А8, А10, А12.

В исполнениях с одним выходом (ЛПА-350-11X) отсутствует блок А17.

В исполнениях без аналоговых выходов (ЛПА-350-X0X) отсутствуют блоки А16, А17.

В исполнениях ЛПА-350-XX1 блок А18 обеспечивает гальваническое разделение сигналов интерфейса RS-485.

Принимаемый сигнал с входных цепей поступает на схему АЦП (А3, А4), где осуществляется его преобразование в цифровой код. Цифровой код считывается микропроцессором (А14) по последовательному каналу с гальванической изоляцией (А7, А8). Микропроцессор осуществляет преобразование сигнала (фильтрацию, линеаризацию, нормирование), подготавливает и записывает код в ЦАП (А16, А17). Аналоговый сигнал, сформированный ЦАП, поступает в выходные цепи преобразователя. Микропроцессор также обеспечивает передачу информации по последовательному интерфейсу RS-485 по протоколу Modbus RTU.

Питание преобразователя поступает на DC-DC преобразователь с гальваническим разделением (А19). DC-DC преобразователь осуществляет формирование и стабилизацию напряжения питания на внутренней шине преобразователя. Питание схем АЦП осуществляется от внутренней шины питания через DC-DC преобразователи с гальваническим разделением (А9, А10) и стабилизаторы напряжения (А1, А2). Питание микропроцессора осуществляется от внутренней шины через стабилизатор напряжения (А15). Питание ЦАП осуществляется непосредственно от внутренней шины питания преобразователя.

5 Схемы подключения

Преобразователи следует подключать строго в соответствии с нижеприведенными схемами. Преобразователи необходимо сконфигурировать для работы с применяемой схемой подключения.

5.1 Схемы подключения входных цепей преобразователя

На схемах ниже показаны подключения к входным цепям преобразователей ЛПА-350-2ХХ. Подключения к преобразователям ЛПА-350-1ХХ отличаются тем, что отсутствует второй вход.

На схемах подключения использованы следующие обозначения:

Rt1, Rt2 – термопреобразователи сопротивления (датчики).

Tc1, Tc2 – термопары.

При работе с термопреобразователями сопротивления поддерживается 3-проводная схема подключения.

3-проводная схема подключения представлена на рисунке 1.

Эту же схему необходимо использовать при приеме сигналов от датчиков с линейной функцией изменения сопротивления, заменяя ТС соответствующим датчиком.

Термопары должны подключаться термоэлектродными удлинительными проводами (иногда их называют "компенсационными") для обеспечения компенсации температуры холодного спая термопары. Преобразователи имеют два независимых датчика температуры (по одному на вход), расположенных в непосредственной близости от контактов подключения внешних цепей, и обеспечивают автоматическую компенсацию.

Схема подключения термопар представлена на рисунке Схема подключения термопар к преобразователям ЛПА-350-2ХХ..

Эту же схему необходимо использовать при приеме сигналов постоянного напряжения датчиков с линейной функцией его изменения, заменяя ТП соответствующим датчиком. При этом компенсационные провода не применяются.

Входы преобразователей полностью независимы и позволяют конфигурировать и использовать схемы подключения в произвольном сочетании.

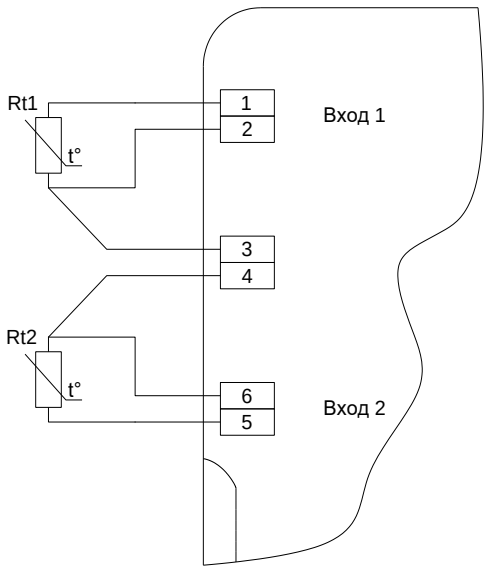

Рисунок 1. Схема подключения термопреобразователей сопротивления к преобразователям ЛПА-350-2ХХ по 3-проводной схеме.

3-проводная схема подключения характеризуется оптимальным сочетанием метрологических характеристик (компенсации сопротивления линии связи) и экономичности. При этом для полной компенсации линии связи необходимо, чтобы провода имели одинаковое сопротивление. Чем точнее соблюдается равенство сопротивлений проводов, тем лучше компенсация линии связи.

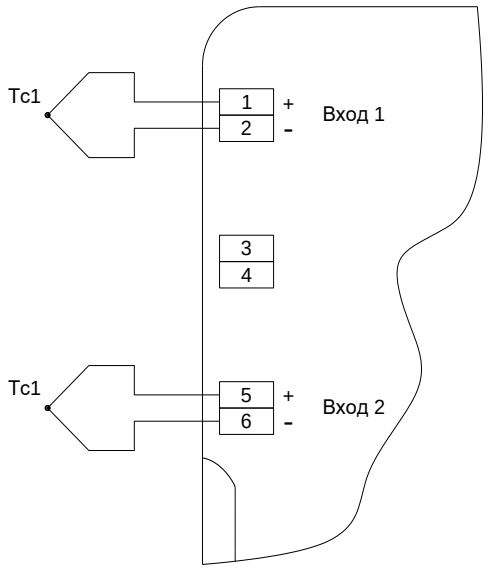

Рисунок 2. Схема подключения термопар к преобразователям ЛПА-350-2ХХ.

Встроенная компенсация температуры холодного спая может быть отключена при конфигурировании. При этом остается возможность задать фиксированное значение температуры холодного спая.

В случае, если компенсационные провода подключены к промежуточным клеммным колодкам, а соединение между этими колодками и преобразователем выполнено обычными проводами, то следует пользоваться режимом компенсации температуры холодного спая по

второму входу (задается при конфигурировании), в противном случае заявленные метрологические характеристики не гарантируются. Соответствующая схема подключения приведена на рисункеРисунок 3.

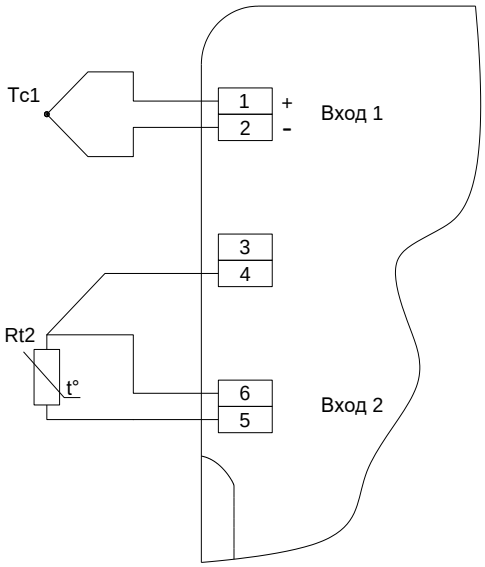

Рисунок 3. Схема подключения преобразователя ЛПА-350-2XX с компенсацией температуры холодного спая термопары по второму входу.

Термопреобразователь сопротивления необходимо располагать так, чтобы обеспечить наиболее точное измерение температуры в точке подключения компенсационных проводов.

5.2 Схемы подключения выходных цепей преобразователя

На схемах ниже показаны подключения к выходным цепям преобразователей ЛПА-350-X2X. Подключения к преобразователям ЛПА-350-11X отличаются тем, что отсутствует второй выход.

На схемах подключения использованы следующие обозначения:

R1, R2 – сопротивления нагрузки.

V1, V2 – вольтметры.

В случае установки ЛПА-350 на объединительные модули ЛПА-300 выходные сигналы преобразователей могут быть получены через подключение к модулю. В этом случае выходные клеммы преобразователей могут быть не задействованы, но принцип приведенных схем подключения должен строго соблюдаться. Для этого случая информация по подключениям изложена в документации на модули ЛПА-300.

Преобразователи могут быть сконфигурированы на работу с одним из выходных сигналов постоянного тока (0…20 мА; 4…20 мА) или сигналов напряжения (0…5 В; 1…5 В; 0…10 В; 2…10 В). Схемы подключения для выходных сигналов постоянного тока 0…20 мА и 4…20 мА представлены на рисунках Рисунок 4 и Рисунок 5. Схемы подключения для выходных сигналов постоянного напряжения 0…5 В; 1…5 В; 0…10 В; 2…10 В представлены на рисункахРисунок 6 и Рисунок 7.

К выходам преобразователя могут подключаться релейные модули ЛПА-840. Для их подключения предусмотрены специальные режимы работы выходов (см. п.6.1.4 настоящего руководства). Схемы подключения модулей ЛПА-840 к преобразователям представлены на

рисунках Схема подключения модулей ЛПА-840-001 к преобразователю ЛПА-350-Х2Х. и Рисунок 9.

Подробные характеристики и схемы подключения релейных модулей приведены в документации на модули ЛПА-840.

Выходы преобразователей могут независимо конфигурироваться на любой из перечисленных выходных сигналов в любом сочетании. Необходимо строго соблюдать соответствие между конфигурацией выхода и схемой подключения.

Внимание: Несоответствие конфигурации выхода и схемы подключения может привести к выходу преобразователя из строя.

Внимание: Выходы преобразователя являются активными и рассчитаны на работу исключительно с пассивной нагрузкой.

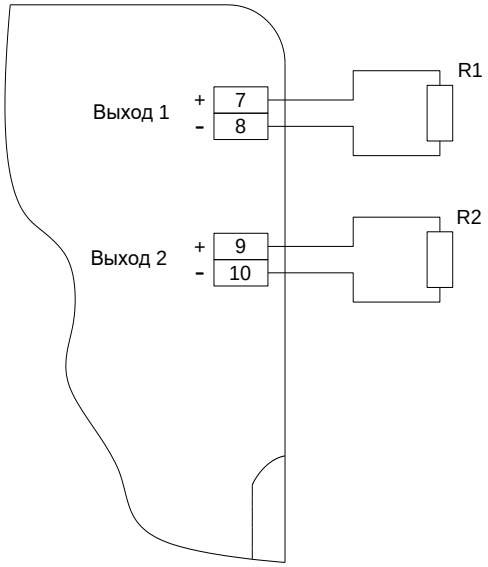

Рисунок 4. Схема подключения преобразователя ЛПА-350-Х2Х для сигналов постоянного тока 0…20 мА и 4…20 мА с раздельной нагрузкой.

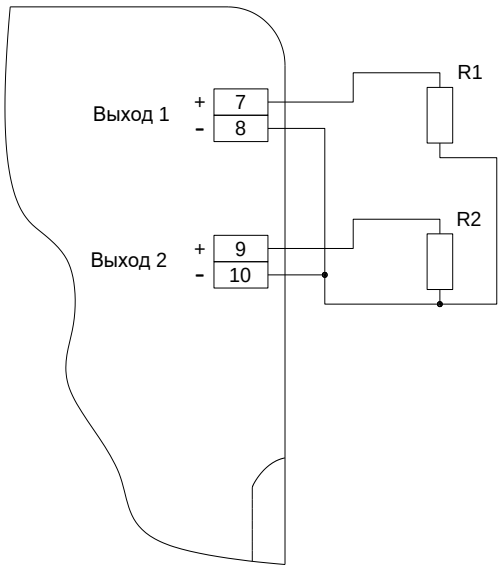

Рисунок 5. Схема подключения преобразователя ЛПА-350-Х2Х для сигналов постоянного тока 0…20 мА и 4…20 мА с нагрузкой, объединенной по общему проводу.

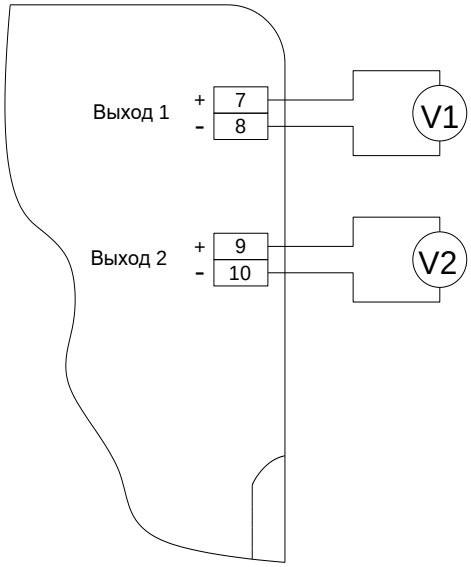

Рисунок 6. Схема подключения преобразователя ЛПА-350-Х2Х для сигналов постоянного напряжения 0…5 В; 1…5 В; 0…10 В; 2…10 В с раздельной нагрузкой.

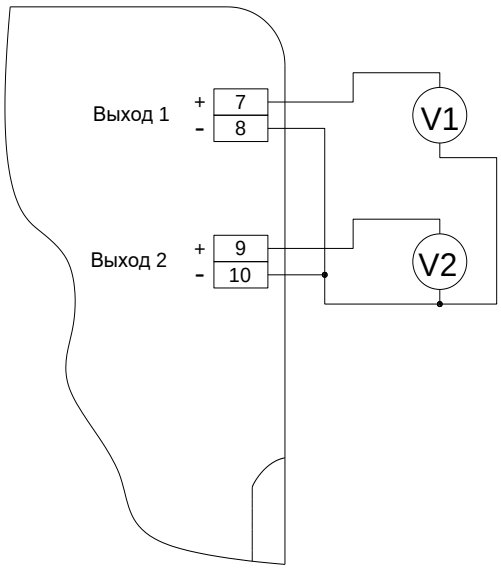

Рисунок 7. Схема подключения преобразователя ЛПА-350-Х2Х для сигналов постоянного напряжения 0…5 В; 1…5 В; 0…10 В; 2…10 В с нагрузкой, объединенной по общему проводу.

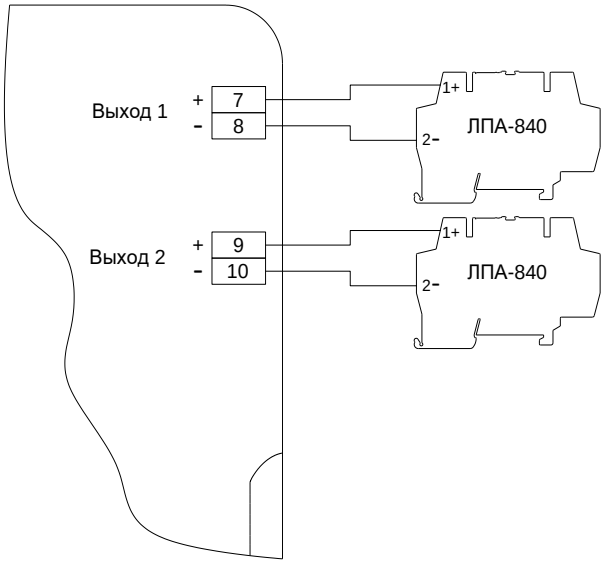

Рисунок 8. Схема подключения модулей ЛПА-840-001 к преобразователю ЛПА-350-Х2Х.

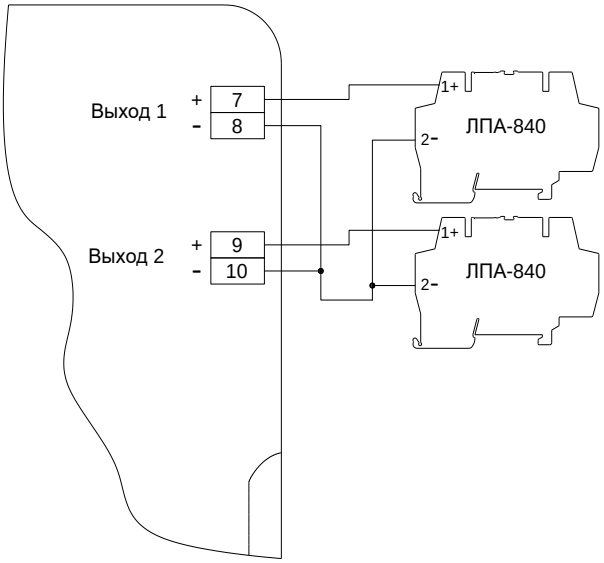

Рисунок 9. Схема подключения модулей ЛПА-840-001 к преобразователю ЛПА-350-Х2Х с объединением по общему проводу.

5.3 Схемы подключения напряжения питания преобразователя

Питание преобразователей может осуществляться:

- через клеммы преобразователя «11» (+) и «12» (–);
- через разъем T-BUS;
- с объединительного модуля ЛПА-300.

В случае установки на объединительные модули ЛПА-300 преобразователи получают напряжение питания непосредственно с модуля. Информация по подключениям питания изложена в документации на модули ЛПА-300.

При установке преобразователя на объединительный модуль ЛПА-300 или шину T-BUS клеммы преобразователя («11» и «12»), предназначенные для подключения питания, должны оставаться неподключенными.

Внимание: при установке преобразователя на объединительный модуль ЛПА-300 запрещается подавать на клеммы «11» и «12» преобразователя какое-либо напряжение. Это может привести к выходу из строя как преобразователя, так и объединительного модуля.

Внимание: при установке преобразователя на объединительный модуль ЛПА-300 запрещается снимать с клемм «11» и «12» преобразователя напряжение для питания других устройств. Это может привести к выходу из строя как преобразователя, так и объединительного модуля.

Внимание: при установке преобразователя на шину T-BUS запрещается подавать на клеммы «11» и «12» преобразователя какое-либо напряжение. Это может привести к выходу из строя преобразователя.

Внимание: при установке преобразователя на шину T-BUS запрещается снимать с клемм «11» и «12» преобразователя напряжение для питания других устройств. Это может привести к выходу из строя преобразователя.

На схемах ниже показаны варианты подключения питания к преобразователям. На рисунке Рисунок 10 показана схема подключения к клеммным колодкам преобразователя, а на
рисунке Рисунок 11 показана схема подключения питания через шину T-BUS.

На схемах подключения использованы следующие обозначения:

БП – блок питания.

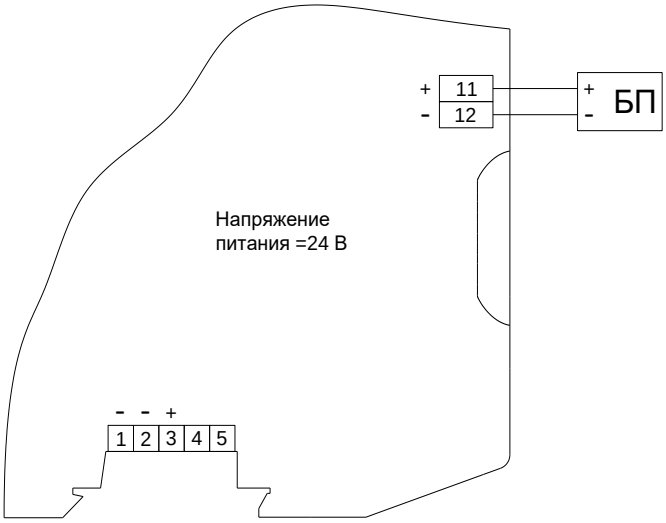

Рисунок 10. Схема подключения питания преобразователя ЛПА-350 через клеммные колодки.

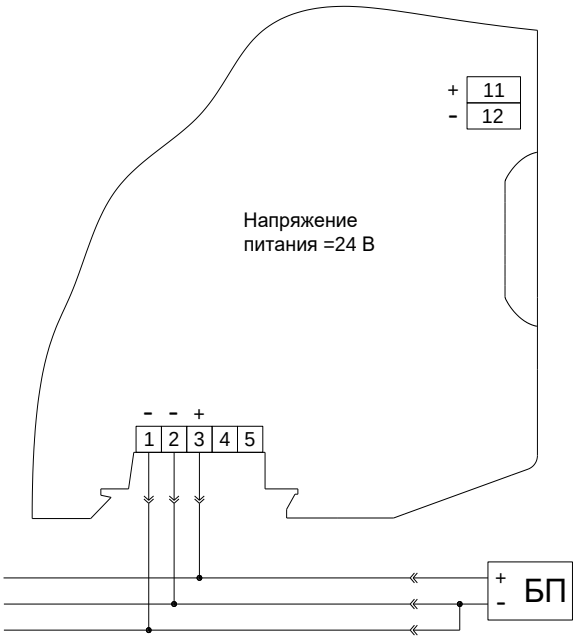

Рисунок 11. Схема подключения питания преобразователя ЛПА-350 через шину T-BUS.

Подробная информация по установке, подключению и использованию находится в документе «Применение шины T-BUS».

5.4 Схема подключения преобразователя по интерфейсу RS-485

Преобразователи обеспечивают обмен данными по интерфейсу RS-485 с использованием протокола Modbus RTU при использовании шины T-BUS или установке на объединительные модули ЛПА-300.

В случае установки на объединительные модули ЛПА-300 преобразователи объединяются в единую шину интерфейса RS-485 в рамках одного модуля. Информация по подключениям интерфейса RS-485 изложена в документации на модули ЛПА-300.

Схема подключения преобразователей по интерфейсу RS-485 при использовании шины T-BUS приведена на рисунке Рисунок 12.

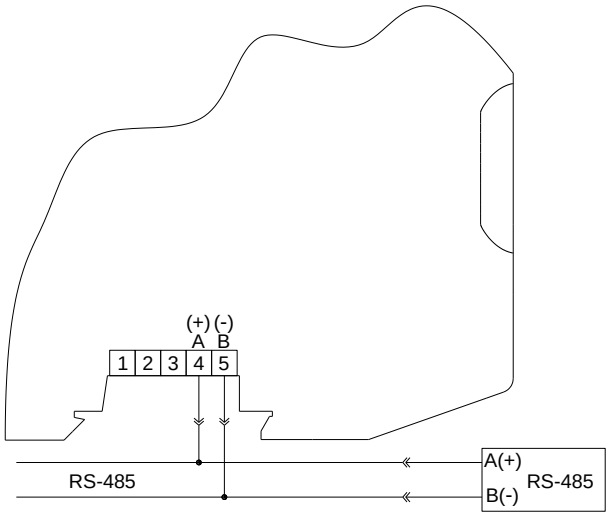

Рисунок 12. Схема подключения преобразователей ЛПА-350 по интерфейсу RS-485.

6 Конфигурирование преобразователя

Конфигурация преобразователей считывается, формируется и записывается с помощью бесплатной программы конфигурации технических средств производства ООО «Ленпромавтоматика». Программу конфигуратора и руководство по работе с ней можно загрузить с сайта ООО «Ленпромавтоматика» (www.lpadevice.ru).

Для конфигурирования преобразователь следует подключить к порту USB компьютера кабелем с разъемом USB-C (в комплект поставки не входит). После определения конфигуратором подключенного преобразователя появляется возможность выполнить его конфигурирование. При подключении к порту USB преобразователь переходит в режим конфигурирования и перестает выполнять прием сигналов от датчиков. Выходной сигнал при переходе в режим конфигурирования принудительно сбрасывается до нуля вне зависимости от сконфигурированного выходного сигнала.

Настоятельно рекомендуем проверять актуальность используемой версии программного обеспечения на странице «Загрузки» нашего сайта (Программное обеспечение и прошивки изделий | Технические средства автоматизации ООО «ЛенПромАвтоматика» (lpadevice.ru)) и, при необходимости, обновлять ПО до актуальной версии.

Внимание: Работа с программой конфигуратора описана в соответствующем руководстве.

6.1 Конфигурирование режимов работы преобразователя

6.1.1 *Базовый режим преобразования*

Режим обеспечивает прием, преобразование и выдачу сигналов независимыми каналами количеством до двух (для исполнений ЛПА-350-22Х). Каналы образуют вход 1 и выход 1 (канал 1), а также вход 2 и выход 2 (канал 2). Для исполнений ЛПА-350-1ХХ и ЛПА-350-11Х доступен только один канал. Для исполнений ЛПА-350-Х0Х данный режим не доступен. Результаты преобразования входных сигналов могут быть считаны по протоколу Modbus RTU (см. п.9 настоящего руководства) во всех исполнениях ЛПА-350.

Каждый из входов и выходов может быть сконфигурирован независимо от остальных на работу со всеми доступными в данном режиме работы входными или выходными сигналами.

Данный режим является основным и сконфигурирован по умолчанию.

Данный режим может сочетаться с режимом компенсации температуры холодного спая по второму входу.

6.1.2 *Режим раздвоения сигнала*

В режиме раздвоения сигнала обеспечивается вывод результата преобразования одного из входных сигналов на оба выхода. Тип выходного сигнала и его диапазон могут быть сконфигурированы независимо друг от друга в любом сочетании для каждого выхода.

При этом в преобразователе могут работать оба входа. Результаты преобразования входных сигналов могут быть считаны по протоколу Modbus RTU (см. п.9 настоящего руководства).

6.1.3 *Режим компенсации температуры холодного спая по второму входу*

Режим компенсации температуры холодного спая по второму входу позволяет использовать один вход изделия в качестве измерительного, настроенного на прием термопары, а другой вход, компенсационный, применять для измерения температуры холодного спая при помощи термопреобразователя сопротивления.

Любой из двух входов преобразователя может выступать в роли измерительного, оставшийся вход будет выступать в роли компенсационного.

Выходным сигналом от термопары будет являться сигнал, скомпенсированный по температуре холодного спая, измеренной на компенсационном входе. Результаты преобразования входных сигналов могут быть считаны по протоколу Modbus RTU (см. п.9 настоящего руководства).

Внимание: при выходе сигнала компенсационного входа за границы заданного диапазона измерений для компенсации будет использоваться соответствующее значение границы диапазона измерения температуры холодного спая.

Внимание: при возникновении короткого замыкания или обрыва линий связи компенсационного входа будет использовано последнее значение температуры холодного спая, измеренное до возникновения КЗ или обрыва.

6.1.4 *Режим сравнения с уставками*

Для каждого входа преобразователя может быть включен режим сравнения с уставками. При этом измеренное значение входного сигнала, представленное в единицах измерения входного сигнала, сравнивается со значениями уставок, заданных в тех же единицах.

В этом режиме появляется возможность конфигурирования выходов на работу с релейным модулем ЛПА-840. Количество уставок может быть одна или две.

В случае, если включена первая уставка («верхняя»), то превышение ее входным сигналом будет вызывать ее «срабатывание». При подключенном модуле ЛПА-840 это также вызовет срабатывание реле модуля.

В случае, если включена вторая уставка («нижняя»), то «срабатывание» будет вызываться, если входной сигнал лежит ниже ее значения. При подключенном модуле ЛПА-840, «срабатывание» также вызовет срабатывание реле модуля.

В случае включения двух уставок «срабатывание» будет наступать при выходе входного сигнала за границы диапазона, заданного этими уставками.

Результаты сравнения входного сигнала с уставками могут быть считаны по протоколу Modbus RTU (см. п.9 настоящего руководства) вне зависимости от настройки выходов преобразователя.

При включении режима сравнения с уставками становится доступно конфигурирование задержки срабатывания уставки. Этот параметр служит для предотвращения «дребезга» срабатывания или сброса срабатывания уставки (см. таблицу 6). При «пересечении» сигналом значения уставки начинается отсчет количества значений, заданного данным параметром. Если сигнал за указанное количество отсчетов «возвращается» в предыдущее положение относительно уставки, то отсчет сбрасывается и начинается вновь при следующем пересечении значения уставки сигналом, срабатывания или сброса уставки не происходит. В противном случае наступает срабатывание или сброс уставки. Время задержки срабатывания (сброса) можно оценить в секундах по формуле: (количество отсчетов) / (частота опроса входа).

6.2 Конфигурирование основных параметров входов

Любой вход преобразователя может быть отключен либо сконфигурирован на один из типов входного сигнала: сопротивление, напряжение постоянного тока, термопреобразователь сопротивления или термопара. Возможные НСХ датчиков, границы диапазона измерения и его минимальная ширина приведены в п.2 настоящего руководства. Для всех типов входных сигналов предусмотрены схемы подключения, приведенные в п.5.1 настоящего руководства.

Внимание: следует строго соблюдать соответствие между конфигурацией и схемами подключения. В противном случае метрологические характеристики и работоспособность не гарантируются.

Внимание: следует строго соблюдать соответствие между НСХ применяемого датчика и НСХ выбранного в конфигурации. В противном случае метрологические характеристики не будут соответствовать заявленным.

6.3 Конфигурирование параметров выходов

Каждый выход поддерживает следующие режимы работы:

Отключен

В этом режиме выход переходит в высокоимпедансное состояние и не генерирует никаких сигналов.

Генерация выходных сигналов: 0…20 мА; 4…20 мА

Значение выходного сигнала будет линейно зависеть от измеренного значения входного сигнала. В этом режиме осуществляется диагностика выходных цепей на обрыв и высокое сопротивление нагрузки, за исключением ситуации, когда выходной ток равен 0 мА.

Генерация выходных сигналов: 0…5 В; 1…5 В; 0…10 В; 2…10 В

Значение выходного сигнала будет линейно зависеть от измеренного значения входного сигнала. В этом режиме осуществляется диагностика выходных цепей на наличие КЗ и низкое сопротивление нагрузки, за исключением ситуации, когда выходное напряжение равно 0 В.

Работа с релейным модулем ЛПА-840

Этот режим работы становится доступен при включении режима сравнения с уставками (см. п.6.1.4 настоящего руководства). В этом режиме выход генерирует два значения тока «Выкл» и «Вкл» в зависимости от результата сравнения измеренного значения и уставки (уставок). При значении «Выкл» реле модуля выключено, при «Вкл» – реле срабатывает. В этом режиме диагностика выходных цепей отсутствует.

Работа с релейным модулем ЛПА-840 в экономичном режиме

Этот режим работы также становится доступен при включении режима сравнения с уставками (см. п.6.1.4 настоящего руководства) и аналогичен ему. Отличия от предыдущего режима заключаются в следующем: значение «Вкл» выдается на время, необходимое для срабатывания реле, после чего ток снижается до тока гарантированного удержания реле. Это позволяет снизить потребление питания, нагрев катушки реле и выхода преобразователя. Во время протекания тока удержания выходные цепи диагностируются на обрыв и высокое сопротивление нагрузки.

Для всех типов выходных сигналов предусмотрены схемы подключения, приведенные в п.5.2 настоящего руководства.

Внимание: Несоответствие конфигурации выхода и схемы подключения может привести к выходу преобразователя из строя.

6.4 Конфигурирование параметров интерфейса RS-485 и протокола Modbus RTU

Установка преобразователя на шину T-BUS или объединительный модуль ЛПА-300 позволяет осуществить с ним связь по интерфейсу RS-485 и протоколу Modbus RTU.

Для организации связи необходимо сконфигурировать параметры интерфейса и протокола.

6.4.1 *Параметры интерфейса RS-485*

- Скорость передачи. Выбирается из ряда скоростей: 1200, 2400, 4800, 9600, 19200, 38400, 57600, 115200, 230400, 460800, 921600 бит/с для исполнений ЛПА-350-XX0 и из ряда 1200, 2400, 4800, 9600, 19200, 38400, 57600, 115200, 230400, 460800 бит/с – для исполнений ЛПА-350-XX1.
- Контроль (бит) четности. Доступны три варианта: отсутствует, контроль на нечетность (odd), контроль на четность (even).
- Количество стоповых битов: 1 или 2.

6.4.2 *Параметры протокола Modbus RTU*

- Адрес: от 1 до 247.
- Межпакетная пауза: от 4 до 100 символов (байтов).
- Реакция на ошибки CRC: отключена / включена.
- Контроль наличия связи: отключен / включен.
- Таймаут обрыва связи: от 100 мс до 32 с.

Параметр «Межпакетная пауза» служит для корректного приема пакета от ведущего узла Modbus в случае, если ведущий не может при передаче пакета выдерживать стандартные номинальные межбайтовые временные интервалы (не более 3,5 байтов). Увеличение значения этого параметра позволяет игнорировать нестандартные паузы между байтами одного пакета.

Параметр «Реакция на ошибки CRC» определяет поведение преобразователя при ошибках CRC пакета, полученного от ведущего узла. Если реакция включена, то при возникновении ошибки CRC будет выставлен соответствующий бит диагностики (см. п.7 настоящего руководства) и включена светодиодная индикация преобразователя (см. п.14.5 настоящего руководства). Если реакция выключена, то вышеописанные действия выполняться не будут.

Параметр «Контроль наличия связи» управляет диагностикой наличия связи с ведущим узлом. При включении этого параметра становится доступен для конфигурирования параметр «Таймаут обрыва связи».

Параметр «Таймаут обрыва связи» определяет интервал времени, по истечении которого преобразователь будет считать связь с ведущим узлом потерянной, будет воспроизводиться соответствующая световая индикация (см. п.14.5 настоящего руководства) и будет выставлен соответствующий бит диагностики (см. п.7 настоящего руководства). При получении запроса бит диагностики будет сброшен, индикация отключена и отсчет времени начнется заново.

Если «Контроль наличия связи» выключен, то обрыв связи с ведущим узлом не диагностируется, а «Таймаут обрыва связи» не используется вне зависимости от его значения.

6.5 Конфигурирование дополнительных параметров

Частота опроса входного сигнала.

В преобразователях ЛПА-350 может быть сконфигурирована частота опроса входного сигнала. Это позволяет выбрать оптимальное сочетание быстродействия и подавления сигнала помехи промышленной частоты. Список доступных частот и соответствующее типовое подавление помехи приведены в таблице **4**.

Таблица 4. Список поддерживаемых частот.

Частота опроса, Гц	Подавление 50 Гц, dB
4,1	74
6,2	72
8,2	70
9,8	69
12,3	66
16,3(а)	65
16,3(б)	80
19,0	0
31,5	0
36,8	0
46,1	0
56,2	0
123	0

Максимальное быстродействие преобразователя достигается при частоте опроса 123 Гц. В этом случае период обновления выходного сигнала составляет не более 20 мс при отключенной дополнительной фильтрации входного сигнала.

Дополнительная фильтрация входного сигнала

Для дополнительной фильтрации входного сигнала предусмотрено три режима: фильтр отключен, фильтр вида «бегущее среднее», фильтр «альфа-бета». Параметры и алгоритмы фильтрации устанавливаются при конфигурировании.

Когда фильтрация отключена, то после получения значения кода от АЦП преобразование происходит непосредственно этого значения без каких-либо дополнительных задержек.

Когда включен ***фильтр «бегущее среднее»***, в памяти микроконтроллера происходит накопление заданного количества предшествующих измерений, и текущим значением считается арифметическое среднее этих значений. Количество значений для накопления называется при этом окном усреднения. Так, при окне усреднения, равном 3, усреднение происходит по трем значениям. При получении следующего значения от АЦП самое «старое» из значений отбрасывается и усреднение происходит по двум «старым» и одному «новому» значению. Усредненное значение используется далее для преобразования сигнала.

Фильтр «бегущее среднее» вносит задержку выходного сигнала по отношению к изменению входного сигнала на величину, которую можно оценить по формуле: (окно усреднения) / (частота опроса входа).

Фильтр «альфа-бета», в отличие от фильтра «бегущее среднее», лишен ограничения в виде размера окна.

Более детально с работой фильтра можно ознакомиться в общедоступных источниках.

Основной проблемой «альфа-бета» фильтра является подбор его коэффициентов. Поэтому, для удобства, в конфигураторе введено понятие мощности фильтра, которое автоматически преобразуется в подходящие числа альфа и бета. Чем больше мощность фильтра, тем более плавным будет результат преобразования входного сигнала и тем большая получится задержка между выходным и входным сигналами.

Функция подавления коротких выбросов

В преобразователе реализована функция подавления коротких выбросов входного сигнала.

Данная функция работает только при включенной фильтрации входного сигнала.

Понятие длины короткого выброса регулируется соответствующим параметром при конфигурировании преобразователя.

При резком отклонении входного сигнала от текущего отфильтрованного значения изделие продолжает передавать на выход сигнал, соответствующий среднему значению входного без учета этого отклонения.

Если отклонение более продолжительное, чем длительность короткого выброса, то фильтр сбрасывается, а на выход передается значение, соответствующее текущему состоянию входного сигнала. Происходит резкий скачок выходного сигнала, как это и было на входном сигнале.

Если сигнал на входе вернется примерно к среднему значению раньше, чем за время короткого выброса, то фильтр продолжит работу так же, как если бы выброса не было.

Время короткого выброса задается в периодах опроса входного сигнала. Т.е. длительность в секундах можно оценить по формуле: (длительность короткого выброса) / (частота опроса входа).

6.6 Конфигурация по умолчанию

Конфигурация по умолчанию является конфигурацией, с которой поставляется преобразователь, если заказчик не указал в заказе иную конфигурацию преобразователя.

Внимание: для проведения проверки преобразователя заказчик обязан предоставить заводу-изготовителю требуемую ему конфигурацию (см. п.15 настоящего руководства).

Описание конфигурации по умолчанию:

- Все входы преобразователя настроены на работу с ТС.
- Номинальное сопротивление ТС: 100 Ом.
- НСХ ТС: Pt, α = 0,00385.
- Нижняя граница диапазона измерения: −50 °С.
- Верхняя граница диапазона измерения: 150 °С.
- Режим работы: базовый.
- Частота опроса входного сигнала: 10 Гц.
- Дополнительная фильтрация сигнала: бегущее среднее по 3 значениям.
- Функция подавления коротких выбросов отключена.
- Все выходы настроены на выходной сигнал 4…20 мА.
- Скорость интерфейса RS-485: 9600.
- Контроль четности: отключен.
- Количество стоповых битов: 1.
- Адрес Modbus: 1.
- Пауза между пакетами Modbus: 4 символа.
- Реакция на ошибки CRC: отключена.

- Контроль наличия связи: отключен.

7 Применение преобразователя совместно с объединительным модулем ЛПА-300

Преобразователи могут устанавливаться на объединительные модули ЛПА-300, что позволяет упростить подключения выходных цепей и цепей питания, получить доступ к интерфейсу RS-485 преобразователя и его подробной диагностической информации. Структурная схема взаимодействия преобразователя и объединительного модуля представлена на рисунке Рисунок 13.

Подробная информация о подключениях и функциях модуля находится в документации на объединительные модули ЛПА-300.

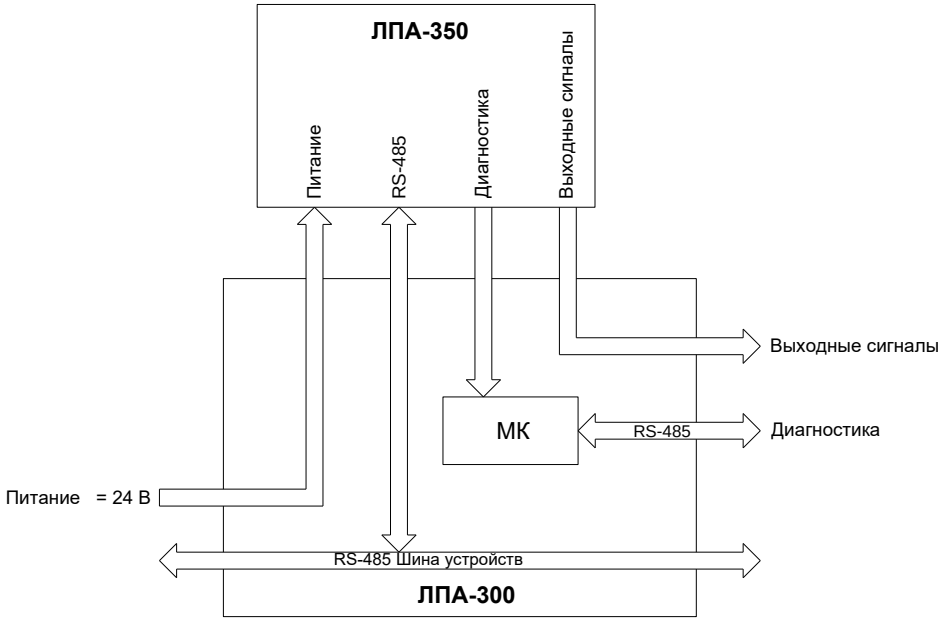

Рисунок 13. Схема взаимодействия преобразователя и объединительного модуля ЛПА-300.

При установке преобразователя на модуль осуществляется соединение цепей преобразователя с цепями модуля через предусмотренные конструкцией разъемы. В результате преобразователь получает от модуля питание, цепи интерфейса RS-485 подключаются к соответствующей шине, объединяющей все установленные на модуль устройства. По этой шине может осуществляться обмен данными с преобразователем по протоколу Modbus RTU (см. п.9 «Связь с преобразователем по протоколу Modbus RTU» настоящего руководства). Выходные сигналы преобразователя становятся доступны через подключения к объединительному модулю, что позволяет сократить объем монтажа. При таком подключении следует соблюдать рекомендации и ограничения, изложенные в п.5 настоящего руководства.

Преобразователь передает информацию о результатах диагностики в модуль, где она обрабатывается микроконтроллером и может быть получена по отдельной линии интерфейса RS-485. Подробная информация о подключении и протоколе обмена находится в документации на объединительные модули ЛПА-300.

Результаты диагностики преобразователя представлены в виде 16-битового регистра, в котором биты отвечают за определенную неисправность или ошибку. Если значение бита равно «1», то это означает наличие соответствующей ошибки, «0» – ее отсутствие. Для каждой пары «вход-выход» («вход 1 – выход 1» и «вход 2 – выход 2») существуют два отдельных регистра. Биты с 11 по 15 относятся к преобразователю в целом и дублируются в каждом из этих регистров. В исполнениях с отсутствующим входом и(или) выходом (выходами) (см. п.3 настоящего руководства) биты отсутствующих входов и(или) выходов всегда равны 0.

Расшифровка значения битов диагностики в регистре приведена в таблице 5.

Таблица 5. Значения битов диагностики преобразователя ЛПА-350

№ бита	Описание	Наиболее вероятная причина возникновения и рекомендации по устранению неисправности
0	АЦП не отвечает	АЦП не отвечает. Рекомендуется заменить преобразователь.
1	АЦП вернул 0x0000	Неисправность цепи подключения ТС (обрыв/КЗ). Рекомендуется проверить и восстановить цепи подключения ТС.
2	АЦП вернул 0xFFFF	Неисправность цепи подключения ТС (обрыв/КЗ). Рекомендуется проверить и восстановить цепи подключения ТС.
3	АЦП вернул 0x0000 от встроенного датчика температуры.	Неисправность датчика температуры компенсации холодного спая, выход из строя входа АЦП. Рекомендуется заменить преобразователь.
4	АЦП вернул 0xFFFF от встроенного датчика температуры.	Неисправность датчика температуры компенсации холодного спая, выход из строя входа АЦП. Рекомендуется заменить преобразователь.
5	«Зашкал» вниз	Выход из строя датчика, неверная конфигурация нижней границы диапазона измерения. Выставлен бит 1. Рекомендуется заменить датчик, проверить значение нижней границы диапазона измерения. (см. п.5.1 настоящего руководства).
6	«Зашкал» вверх	Выход из строя датчика, неверная конфигурация верхней границы диапазона измерения. Выставлен бит 2. Рекомендуется заменить датчик, проверить значение верхней границы диапазона измерения. (см. п.5.1 настоящего руководства).
7	ЦАП не отвечает	Выход из строя выхода преобразователя. Рекомендуется заменить преобразователь.
8	КЗ выхода	При выходном сигнале постоянного напряжения сопротивление нагрузки на выходе ниже указанной в п.2 настоящего руководства. Рекомендуется проверить и восстановить цепи подключения.
9	Обрыв выхода	При выходном сигнале постоянного тока сопротивление нагрузки на выходе выше указанной в п.2 настоящего руководства. Рекомендуется проверить и восстановить цепи подключения.
10	ЦАП отключен по превышению рабочей температуры	Несоблюдение схем подключения, приведенных в п.5.2 настоящего руководства. После понижения температуры ЦАП работоспособность восстанавливается автоматически. Рекомендуется проверить схемы подключения.
11*	Ошибка CRC в пакете Modbus	Не сошлась контрольная сумма пакета. Рекомендуется проверить качество линии связи интерфейса RS-485, снизить скорость обмена. Отключить опцию «Реакция на ошибки CRC» (см. п.6.4 настоящего руководства).
12**	Превышен интервал ожидания запроса от ведущего узла Modbus	Неисправность линии связи интерфейса RS-485, неисправность ведущего узла Modbus, неверная конфигурация параметров интерфейса RS-485 или протокола Modbus.

№ бита	Описание	Наиболее вероятная причина возникновения и рекомендации по устранению неисправности
		Рекомендуется проверить и восстановить линии связи интерфейса RS-485, восстановить работоспособность ведущего узла Modbus, сконфигурировать параметры интерфейса RS-485 и протокола Modbus. Отключить контроль наличия связи по Modbus при его неиспользовании, либо в случае, если ведущий узел выполняет запросы нерегулярно (см. п.6.4 настоящего руководства).
13	Ошибка CRC калибровок преобразователя	Неисправность памяти преобразователя. Преобразователь неисправен. Рекомендуется отправить преобразователь в ремонт.
14	Ошибка CRC конфигурации преобразователя	Ошибка записи конфигурации в преобразователь. Рекомендуется повторить запись конфигурации в преобразователь.
15***	Преобразователь отсутствует или неисправен.	Преобразователь не установлен на модуль ЛПА-300 либо обнаружена критическая ошибка ПО преобразователя или его неисправность. Рекомендуется установить преобразователь на модуль ЛПА-300. Если преобразователь установлен, то отправить преобразователь в ремонт.

* – Данный бит будет установлен в «1» при включенной опции «Реакция на ошибки CRC» в конфигурации преобразователя и обнаружении ошибки CRC в пакете Modbus.

** – Данный бит будет установлен в «1» при включенной опции «Контроль наличия связи» в конфигурации преобразователя и превышении интервала времени «Таймаут обрыва связи».

*** – Если данный бит установлен, то значения остальных битов не имеют значения и всегда будут «1».

8 Применение преобразователя при установке на шину T-BUS

Преобразователи могут устанавливаться на шину T-BUS и работать с другими устройствами производства ООО «Ленпромавтоматика», установленными на эту шину.

При установке преобразователей на шину T-BUS преобразователи получают по ней питание, цепи интерфейса RS-485 преобразователя подключаются к цепям интерфейса шины. При таком применении преобразователя следует соблюдать рекомендации и ограничения, изложенные в п.5 настоящего руководства.

Максимально допустимое количество преобразователей на шине T-BUS — 96 (с учетом 10% запаса по току шины).

Прохождение тока потребления через проходные сопротивления шинных соединителей T-BUS вызывает падение напряжения. При максимальной расчетной загрузке шины падение напряжения на питающих линиях до последнего преобразователя не превышает 0,76 В. При работе вблизи нижней границы допустимого диапазона напряжений питания необходимо учитывать падение напряжения на проходных сопротивлениях шинных соединителей и убедиться, что напряжение на последнем преобразователе превышает минимально допустимое значение. Методика расчета приведена в пояснительной записке ОЛПА-41.001.46 «Применение шины T-BUS».

По интерфейсу RS-485 шины может осуществляться обмен данными с преобразователем по протоколу Modbus RTU (см. п.9 Связь с преобразователем по протоколу Modbus RTU настоящего руководства).

Подробная информация по установке, подключению и использованию находится в документе «Применение шины T-BUS».

9 Связь с преобразователем по протоколу Modbus RTU

Изделие является ведомым узлом Modbus.

Изделие поддерживает следующие функции Modbus:

- чтение логических ячеек – функции 1, 2;
- чтение регистров – функции 3, 4.

Адреса и описания ячеек преобразователей ЛПА-350 приведены в таблице 6.

Адреса и описания регистров преобразователей ЛПА-350 приведены в таблице 7.

Таблица 6. Адреса и описания ячеек преобразователей ЛПА-350

Адрес ячейки	Параметр	Состояние	Доступность	Примечание
0	Ошибка входа 1	0 – Ошибок нет 1 – Ошибка	Только чтение	Выставлен хотя бы 1 бит 0…6 (см.табл.5)
1	Ошибка входа 2	0 – Ошибок нет 1 – Ошибка	Только чтение	Выставлен хотя бы 1 бит 0…6 (см.табл.5)
2	Ошибка выхода 1	0 – Ошибок нет 1 – Ошибка	Только чтение	Выставлен хотя бы 1 бит 7…10 (см.табл.5)
3	Ошибка выхода 2	0 – Ошибок нет 1 – Ошибка	Только чтение	Выставлен хотя бы 1 бит 7…10 (см.табл.5)
4	Уставка №1 (верхняя), вход 1	0 – Сигнал ниже уставки 1 – Сигнал выше уставки	Только чтение	Доступно при включении сравнения с уставками, иначе 0
5	Уставка №2 (нижняя), вход 1	0 – Сигнал выше уставки 1 – Сигнал ниже уставки	Только чтение	Доступно при включении сравнения с уставками, иначе 0
6	Уставка №1 (верхняя), вход 2	0 – Сигнал ниже уставки 1 – Сигнал выше уставки	Только чтение	Доступно при включении сравнения с уставками, иначе 0
7	Уставка №2 (нижняя), вход 2	0 – Сигнал выше уставки 1 – Сигнал ниже уставки	Только чтение	Доступно при включении сравнения с уставками, иначе 0

Таблица 7. Адреса и описания регистров преобразователей ЛПА-350

Адрес регистра	Параметр	Описание	Доступность	Примечание
0	Целая часть измерения вх.1	Формат: целое число со знаком. Если вход отключен, то значение равно 0.	Только чтение	Значение приводится в единицах измерения входа
1	Дробная часть измерения вх.1	Формат: целое число со знаком. Если вход отключен, то значение равно 0.	Только чтение	Значение приводится в единицах измерения входа
2	Целая часть измерения вх.2	Формат: целое число со знаком. Если вход отключен или отсутствует, то значение равно 0.	Только чтение	Значение приводится в единицах измерения входа
3	Дробная часть измерения вх.2	Формат: целое число со знаком. Если вход отключен или отсутствует, то значение равно 0.	Только чтение	Значение приводится в единицах измерения входа
4	Единицы измерения вх.1	0 – градусы Цельсия ТС 1 – градусы Цельсия ТП 2 – Ом 3 – мВ	Только чтение	Изменяется при конфигурации преобразователя
5	Единицы измерения вх.2	0 – градусы Цельсия ТС 1 – градусы Цельсия ТП 2 – Ом 3 – мВ	Только чтение	Изменяется при конфигурации преобразователя
6*	Температура компенсации вх.1	Температура компенсации холодного спая ТП в формате с фиксированной точкой**. Вход 1, °С	Только чтение	Доступна только при конфигурации входа на прием ТП, иначе 0
7*	Температура компенсации вх.2	Температура компенсации холодного спая ТП в формате с фиксированной точкой**, Вход 2, °С	Только чтение	Доступна только при конфигурации входа на прием ТП, иначе 0
8	Уставка №1 (верхняя) Вход 1	Значение уставки в формате с фиксированной точкой**	Только чтение	Значение приводится в единицах измерения входа
9	Уставка №2 (нижняя) Вход 1	Значение уставки в формате с фиксированной точкой**	Только чтение	Значение приводится в единицах измерения входа
10	Уставка №1 (верхняя) Вход 2	Значение уставки в формате с фиксированной точкой**	Только чтение	Значение приводится в единицах измерения входа
11	Уставка №2 (нижняя) Вход 2	Значение уставки в формате с фиксированной точкой**	Только чтение	Значение приводится в единицах измерения входа

Адрес регистра	Параметр	Описание	Доступность	Примечание
50	Исполнение преобразователя	0 – ЛПА-350-220 1 – ЛПА-350-221 2 – ЛПА-350-110 3 – ЛПА-350-111 4 – ЛПА-350-200 5 – ЛПА-350-201 6 – ЛПА-350-100 7 – ЛПА-350-101 8 – ЛПА-350-120 9 – ЛПА-350-121	Только чтение	Задается при изготовлении преобразователя
51	Версия ПО преобразователя v.A.B.x.x	Старший и младший номера версии**	Только чтение	Изменяется после обновления ПО
52	Версия ПО преобразователя v.x.x.C.D	Номер патча и сборки**	Только чтение	Изменяется после обновления ПО
53	Заводской номер старшая часть	Старшая часть номера**	Только чтение	Задается при изготовлении преобразователя
54	Заводской номер младшая часть	Младшая часть номера**	Только чтение	Задается при изготовлении преобразователя

* В регистрах 6 и 7 находятся значения температуры компенсации холодного спая ТП только от встроенных датчиков, вне зависимости от выбранного режима компенсации.

** Описания форматов см. в следующем разделе документа.

Форматы данных в регистрах преобразователя

Результаты измерения входных сигналов находятся в регистрах 0 и 1 для входа 1 и регистрах 2 и 3 для входа 2. Формат — целое число со знаком (дополнительный код).

Для формирования значения необходимо разделить дробную часть на 1000 и сложить с целой частью.

Пример 1: регистр 0 содержит значение 0x0024; регистр 1 содержит значение 0x0258; результат измерения равен 36,6 (36 + 600/1000 = 36,6).

Пример 2: регистр 2 содержит значение 0xFFA7; регистр 3 содержит значение 0xFF39; результат измерения равен −89,199 (−89 − 199/1000 = −89,199).

Формат температуры компенсации: знаковое число с фиксированной точкой. Для формирования значения необходимо значение регистра поделить на 10. Единицей измерения всегда являются градусы Цельсия.

Пример формирования результата: регистр 6 содержит значение 0xFFF5; результат измерения равен −1,1 °C

Формат уставок аналогичен формату температуры компенсации (1 знак после запятой), но приводится в единицах измерения входного сигнала.

Версия ПО преобразователя содержится в регистрах 51 и 52. Формат версии ПО: v.X.X.X.X.

Пример формирования номера версии ПО: регистр 51 содержит значение 0x0102; регистр 52 содержит значение 0x0D00; версия ПО преобразователя — v.1.2.13.0.

Заводской номер преобразователя содержится в регистрах 53 и 54. Для получения заводского номера необходимо состыковать старшую и младшую части в одно 32-разрядное число.

Пример формирования заводского номера: регистр 53 содержит значение 0x0132; регистр 54 содержит значение 0x87AA; заводской номер преобразователя — 20088746 (0x013287AA).

10 Обеспечение искробезопасности

Взрывозащищенность преобразователей обеспечивается видом взрывозащиты «искробезопасная электрическая цепь» уровня «ia» с маркировками взрывозащиты «[Ex ia Ga] IIC», «[Ex ia Ga] IIB», [Ex ia Da] IIIC, [Ex ia Ma] I по требованиям ГОСТ 31610.11-2014, ГОСТ 31610.0-2019.

Искробезопасность преобразователей достигается за счет:

- ограничения параметров электрических цепей по ГОСТ 31610.11-2014;
- гальванического разделения искроопасных и искробезопасных цепей с параметрами разделения, удовлетворяющими требованиям ГОСТ 31610.11-2014;
- обеспечения необходимых электрических зазоров и путей утечек по ГОСТ 31610.11-2014.

В преобразователях выходное напряжение и ток ограничиваются группами элементов А5, А6 (см. рисунок А.1 приложения А), включающих стабилитроны и резисторы.

Неповреждаемость гальванического разделения по цепям питания А9, А10 достигается применением схемы защиты А13 на предохранителе, тиристоре, стабилитроне и диоде.

Неповреждаемость гальванического разделения по сигнальным цепям А7, А8 достигается применением схем защиты А11, А12 на предохранителе, тиристоре, стабилитроне и диоде на каждую сигнальную линию.

11 Конструкция

Конструкция преобразователей изображена на Рисунке Б.1 (см. ***Приложение Б***).

Конструктивно преобразователи выполнены в пластмассовом корпусе (поз. 6), с установленной внутрь печатной платой (поз. 7), на которой располагаются элементы схемы преобразователя, в том числе разъем для подключения к шине T-BUS и разъем для подключения к объединительному модулю ЛПА-300. Сверху корпус закрыт шильдом (поз. 5). Защелка с пружиной (поз. 4) предназначены для фиксации преобразователей при установке на стандартный монтажный DIN-рельс шириной 35 мм. В предусмотренных в корпусе посадочных местах расположены съемные клеммные колодки (поз. 1, 2, 3, 8, 9 и 10), предназначенные для подключения к цепям преобразователя. В зависимости от исполнения на месте отсутствующих клеммных колодок в корпус устанавливаются заглушки.

На корпус, клеммные колодки и шильд нанесена маркировка согласно ***п.12 «Маркировка и пломбирование»***.

12 Маркировка и пломбирование

На каждом преобразователе имеется маркировка, содержащая:

- условное обозначение преобразователя, определяющее его исполнение;
- заводской номер;
- наименование предприятия-изготовителя;
- маркировку взрывозащиты: «[Ex ia Ga] IIC», «[Ex ia Ga] IIB», «[Ex ia Da] IIIC», «[Ex ia Ma] I»;
- обозначения соединителей и номера контактов на корпусе, колодках и шильде;
- надписи:

  ИСКРОБЕЗОПАСНЫЕ ЦЕПИ;

  Uo: 4,6 В; Io: 60 мА; Po: 0,07 Вт; Um: 250 В;

«I»	«IIC»	«IIB/IIIC»
Lo: 260 мГн Co: 1000 мкФ	Lo: 14 мГн Co: 100 мкФ	Lo: 50 мГн Co: 1000 мкФ

- основные схемы подключения;
- специальный знак взрывобезопасности, согласно приложению 2 ТР ТС 012/2011;
- единый знак обращения продукции на рынке государств-членов Евразийского экономического союза, согласно п. 1 ст. 7 ТР ТС 012/2011;
- наименование или знак центра по сертификации и номер сертификата.

Предприятие-изготовитель оставляет за собой право пломбировать изделия. В случае, если изделие было опломбировано, а пломба впоследствии повреждена, изделие утрачивает гарантию.

13 Хранение и упаковка

Назначенный срок хранения – 2 года, по истечении назначенного срока осуществляется проверка и устанавливается новый назначенный срок хранения.

Упаковывание в потребительскую тару преобразователей производится в соответствии с чертежами предприятия-изготовителя в ящики по ГОСТ 9142-2014 из картона гофрированного.

В качестве прокладочного материала используется бумага оберточная А по ГОСТ 8273-75 или картон гофрированный.

Упаковывание в транспортную тару производится в соответствии с ГОСТ 15846-2002.

14 Использование преобразователя

14.1 Эксплуатационные ограничения

Максимальное (аварийное) напряжение постоянного тока или эффективное значение переменного тока (U_m), при котором обеспечивается искробезопасность защищаемых цепей, не должно превышать 250 В.

Для предотвращения выхода из строя преобразователя (сохранения функций преобразователя в полном объеме) необходимо соблюдать следующие правила:

- Не допускать попадания на клеммы преобразователя переменного сетевого напряжения;
- Подключать источники питания, датчики и нагрузку только к предназначенным для этого контактам (***см. п.5 «Схемы подключения»***);
- Исключить попадание электрических сигналов из других цепей в цепи, подключенные к преобразователю (например, в результате коротких замыканий).
- Выполнять другие рекомендации настоящего руководства.

Несоблюдение данных требований может привести к критическому отказу и выходу преобразователя из строя. В такой ситуации неработоспособность преобразователя не является основанием для предъявления рекламаций.

14.2 Порядок установки и обеспечение искробезопасности при монтаже

При монтаже преобразователей необходимо руководствоваться следующими документами:

- *«Правила устройства электроустановок» (ПУЭ). Издание 7-е, переработанное и дополненное, гл. 7.3;*
- *«Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей» (ПТЭЭП), гл. 3.4;*
- *ПОТЭУ «Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок»;*
- *настоящим РЭ.*

Перед монтажом необходимо провести внешний осмотр преобразователя и убедиться в отсутствии повреждений его корпуса и сохранности надписей. Монтаж осуществлять в соответствии со схемами подключения (***см. п.5 «Схемы подключения»***).

14.3 Порядок работы и обеспечение искробезопасности при эксплуатации

При эксплуатации преобразователей необходимо руководствоваться следующими документами:

- *«Правила устройства электроустановок» (ПУЭ). Издание 7-е, переработанное и дополненное, гл. 7.3;*
- *«Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей» (ПТЭЭП), гл. 3.4;*
- *ПОТЭУ «Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок»;*
- *настоящим РЭ.*

После установки преобразователей и подключения к ним необходимых линий связи согласно схемам подключения (***см. п.5 «Схемы подключения»***) преобразователи готовы к работе.

Прием преобразователей в эксплуатацию после их монтажа, выполнение мероприятий по технике безопасности должны проводиться в полном соответствии с гл. 3.4 ПТЭЭП.

При эксплуатации преобразователей необходимо подвергать их профилактическому осмотру не реже одного раза в год.

При осмотре необходимо обращать внимание на отсутствие повреждений корпуса, надежность внешних соединений, наличие маркировки взрывозащиты.

Эксплуатация преобразователей с поврежденными деталями или неисправностями категорически запрещается.

14.4 Проверка работоспособности преобразователя

Для проверки функционирования преобразователя на его клеммы «11» (+) и «12» (−) подают номинальное напряжение питания (=24 В), используя лабораторный блок питания. Проверяют наличие индикации включенного состояния и работоспособности (должен гореть зеленый светодиод).

Затем попарно измеряют значения напряжения и тока между клеммами «1», «2» и «3» для первого входа и между клеммами «4», «5» и «6» для второго входа во всех комбинациях. Измеренные значения напряжения и тока не должны превышать значений Uo и Io, указанных в таблице 1.

Для дальнейшей проверки работоспособности преобразователя его необходимо сконфигурировать на подключаемый тип датчика, схему подключения, диапазон измерения и выходной сигнал. Подключить к проверяемому входу имитатор датчика (магазин сопротивлений для термопреобразователей сопротивления, сопротивления или калибратор постоянного тока для термопар, напряжения). К проверяемому выходу преобразователя подключить в качестве нагрузки миллиамперметр для выходных сигналов постоянного тока или вольтметр для выходных сигналов постоянного напряжения. Все подключения проводить в соответствии со схемами подключения, приведенными в п.5. Для исполнений ЛПА-350-Х0Х вместо измеренного выходного сигнала используют показания, считываемые по интерфейсу RS-485 в ПК с помощью программы «Монитор ЛПА-350», которую можно загрузить с сайта ООО «Ленпромавтоматика» (www.lpadevice.ru).

В программе конфигурирования преобразователей имеются специальные инструменты для автоматического вычисления значений входного сигнала, выходного сигнала, минимальных и максимальных пределов значений выходного сигнала, которые следует использовать для проверки работоспособности.

Внимание: Работа с программой «Конфигуратор ЛПА» рассмотрена в соответствующем руководстве.

Далее следует установить на имитаторе значение входного сигнала в соответствии с рассчитанным конфигуратором значением и провести измерение значения выходного сигнала по всем расчетным точкам.

При проверке работоспособности в режиме работы с термопарами следует отключить автоматическую компенсацию температуры холодного спая и задать вручную температуру холодного спая 0 °С.

Преобразователь считается работоспособным, если измеренные значения выходного сигнала не выходят за пределы допускаемых значений, рассчитанных конфигуратором.

14.5 Индикация

На верхнем шильде преобразователя расположены светодиоды, отображающие текущее состояние.

Светодиод «Работа» отвечает за индикацию работоспособности микроконтроллера преобразователя и наличия питания преобразователя.

Светодиод «Канал 1» отвечает за индикацию ошибок и неисправностей входа 1, выхода 1 и подключенных к ним цепей.

Светодиод «Канал 2» отвечает за индикацию ошибок и неисправностей входа 2, выхода 2 и подключенных к ним цепей.

Светодиод «Modbus» отвечает за индикацию ошибок обмена преобразователя по протоколу Modbus RTU.

Внимание: Для того, чтобы индикация посредством светодиода «Modbus» выполнялась, следует сконфигурировать преобразователь так, чтобы была включена хотя бы одна из двух имеющихся диагностических процедур («Реакция на ошибки CRC» и «Контроль наличия связи»).

Индикация может иметь следующие состояния:

Не горит ни один светодиод.

Возможные причины: отсутствие питания преобразователя, срабатывание самовосстанавливающегося предохранителя преобразователя в результате подачи обратной полярности напряжения питания, выход из строя преобразователя.

Рекомендуется отключить от преобразователя все цепи, снять питание. Выдержать преобразователь в выключенном состоянии не менее 15 минут. Подать питание на преобразователь в правильной полярности. Если индикация будет отсутствовать, то преобразователь необходимо отправить в ремонт.

Горит зеленый светодиод «Работа», остальные – погашены.

Это нормальный режим работы. Ошибок и неисправностей нет.

Горит красный светодиод одного из каналов.

Возможные причины:

- выход входного сигнала за заданный диапазон измерения;
- неверная конфигурация диапазона измерения.

Рекомендуется проверить конфигурацию входа преобразователя.

Мигает красный светодиод одного из каналов.

Возможные причины:

- неисправность (обрыв, КЗ) цепей подключения соответствующего входа или выхода;
- перегрев ЦАП соответствующего выхода в результате неверного подключения.

Рекомендуется проверить цепи подключений, привести схему подключения в соответствие указаниям в п.5 настоящего руководства.

Мигает светодиод «Modbus».

Возможные причины:

- не сошлась контрольная сумма пакета Modbus;

- превышен интервал ожидания запроса от ведущего узла Modbus.

Эта индикация доступна только если включена соответствующая диагностика связи с ведущим узлом Modbus (см. п.6.4.2 настоящего руководства).

Возможные причины: неисправность линии связи интерфейса RS-485, неисправность ведущего узла Modbus, неверная конфигурация параметров интерфейса RS-485 или протокола Modbus.

Рекомендуется проверить и восстановить линии связи интерфейса RS-485, восстановить работоспособность ведущего узла Modbus, сконфигурировать параметры интерфейса RS-485 и протокола Modbus, отключить диагностику Modbus при его неиспользовании.

Все светодиоды промаргивают два раза.

Возможные причины: нет связи с АЦП и(или) ЦАП, неисправен датчик компенсации холодного спая, не сошлась CRC внутреннего ПО, заводских калибровок, параметров конфигурации.

Рекомендуется обновить ПО преобразователя, заново его сконфигурировать. Если работоспособность не восстанавливается, то преобразователь необходимо отправить в ремонт.

Индикация перечислена по нарастанию приоритета, за исключением состояния протокола Modbus, для которого предусмотрен отдельный светодиод, и она не влияет на остальную индикацию. Индикация с более высоким приоритетом подавляет индикацию с более низким. Например, в ситуации одновременной неисправности линии связи с нагрузкой и выходом входного сигнала за заданный диапазон измерения, светодиод будет мигать, т.к. приоритет индикации неисправности линии связи выше. После устранения неисправности линии связи, но при выходе входного сигнала за заданный диапазон измерения, светодиод будет гореть.

Индикация при конфигурировании преобразователя.

При подключении к порту USB преобразователь переходит в режим конфигурирования, который индицируется следующим образом: зеленый светодиод «Работа» не горит, красные светодиоды каналов мигают по очереди.

Индикация при включении преобразователя.

При включении преобразователя (подаче питания) выполняется процедура, позволяющая определить работоспособность светодиодов индикации.

Сперва загораются все светодиоды, затем происходит отключение всех светодиодов. После этого с некоторой задержкой загораются последовательно все светодиоды, начиная с зеленого, через 1 секунду гаснут светодиоды ошибок (при отсутствии ошибок).

14.6 Возможные состояния выходов преобразователей

В штатном режиме работы выходы преобразователя могут быть отключены (см. п.6.3 настоящего руководства). В этом режиме выход переходит в высокоимпедансное состояние и не генерирует никаких сигналов.

Если выходы включены, то выходной сигнал лежит в пределах сконфигурированного выходного диапазона при соблюдении условий, указанных в настоящем руководстве.

В аварийных режимах работы, обусловленных внешними факторами (обрыв или КЗ выходных цепей, несоответствие нагрузки требуемой нагрузке, неверные схемы подключения выхода), выходной сигнал для предотвращения выхода изделия из строя переводится средствами диагностики «в ноль», выдача сигнала прекращается. Через 200 мс преобразователь пытается продолжить нормальную работу. Если неисправность остается, то процесс повторяется. При устранении неисправности выход автоматически восстановит свою работу.

При несоблюдении схем подключения, указанных в п.5.2 настоящего руководства, может возникнуть ситуация перегрева выходного ЦАП. При этом выход переводится средствами диагностики «в ноль», выдача сигнала прекращается. Далее каждые 200 мс измеряется температура ЦАП. Когда она станет меньше 105 °С, выход автоматически продолжит штатную работу.

На состояние выходов может оказывать влияние состояние входных цепей и выход входного сигнала за границы заданного диапазона измерений (за исключением режимов работы выходов с модулем ЛПА-840). При диагностировании неисправности входных цепей преобразователя (например, обрыв или КЗ) или выходе входного сигнала за границы заданного диапазона измерений, связанный с этим входом выход будет переведен в генерацию фиксированного значения выходного сигнала. Типовые фиксированные значения выходных сигналов для различных выходных диапазонов приведены ниже в таблице 8. При устранении причин выход автоматически продолжит штатную работу. Если с входом связаны два выхода (режим раздвоения сигнала), описанное поведение будет у обоих выходов.

Таблица 8. Типовые значения выходных сигналов

Выходной диапазон	Значение выходного сигнала
4…20 мА	0 мА
1…5 В	0 В
2…10 В	0 В
0…20 мА	22 мА
0…5 В	5,5 В
0…10 В	11 В

Если выход работает в одном из двух возможных режимов с модулем ЛПА-840 (см. п.6.3), то диагностирование неисправности входных цепей преобразователя (например, обрыв или КЗ) или выхода входного сигнала за границы заданного диапазона измерений не приводит к изменению состояния связанного с ним выхода, состояние реле модуля ЛПА-840 не изменяется.

15 Поверка преобразователя

Поверка осуществляется согласно утвержденной методике поверки, по требованию заказчика.

Поверку проводят для номинальных статических характеристик (НСХ), диапазонов измерения и диапазонов выходного сигнала согласно конфигурации, записанной в преобразователь и(или) указанной заказчиком иным способом.

Внимание: для проведения первичной поверки преобразователя силами завода-изготовителя заказчик обязан предоставить заводу-изготовителю требуемую конфигурацию.

Минимальный необходимый перечень параметров конфигурации для каждого входа:

- Тип входного сигнала (напряжение, сопротивление, ТС, ТП);
- НСХ для ТС и ТП; (например: «Pt, α = 0,00385»; «ТП тип L»);
- Номинальное сопротивление для ТС (50 Ом, 100 Ом);
- Диапазон измерения.
-

Также для исполнений, имеющих выходы (ЛПА-350-Х1Х и ЛПА-350- Х2Х), необходимо указать тип и диапазон сигнала для каждого выхода.

Остальные параметры конфигурации будут такими, как указано в п.6.6 настоящего руководства, если в предоставленном заказчиком документе не будет указано иного.

Заказчик может предоставить конфигурацию в виде документа (письма) и(или) файла конфигурации, сформированного программой «Конфигуратор ЛПА».

16 Ремонт

Ремонт преобразователей должен осуществляться предприятием-изготовителем или в компетентных специализированных организациях (предприятиях), имеющих ремонтную документацию ООО «Ленпромавтоматика», необходимое оснащение и лицензию органов государственного надзора на проведение таких работ. После ремонта преобразователи могут быть опломбированы ремонтной организацией.

17 Транспортирование и хранение

Транспортирование преобразователей производится всеми видами транспорта в крытых транспортных средствах (авиатранспортом — в герметизированных отсеках).

Условия транспортирования и хранения преобразователей соответствуют условиям хранения 4 по ГОСТ 15150-69, в районах Крайнего Севера и в труднодоступных районах – по ГОСТ 15846-2002.

18 Сведения об утилизации

Преобразователи и их составные части не содержат компонентов и веществ, требующих особых условий утилизации, не представляют опасности для жизни, здоровья людей и окружающей среды как в процессе эксплуатации, так и после окончания срока эксплуатации.

Утилизация преобразователей осуществляется эксплуатирующей организацией согласно требованиям действующего законодательства.

Приложение А

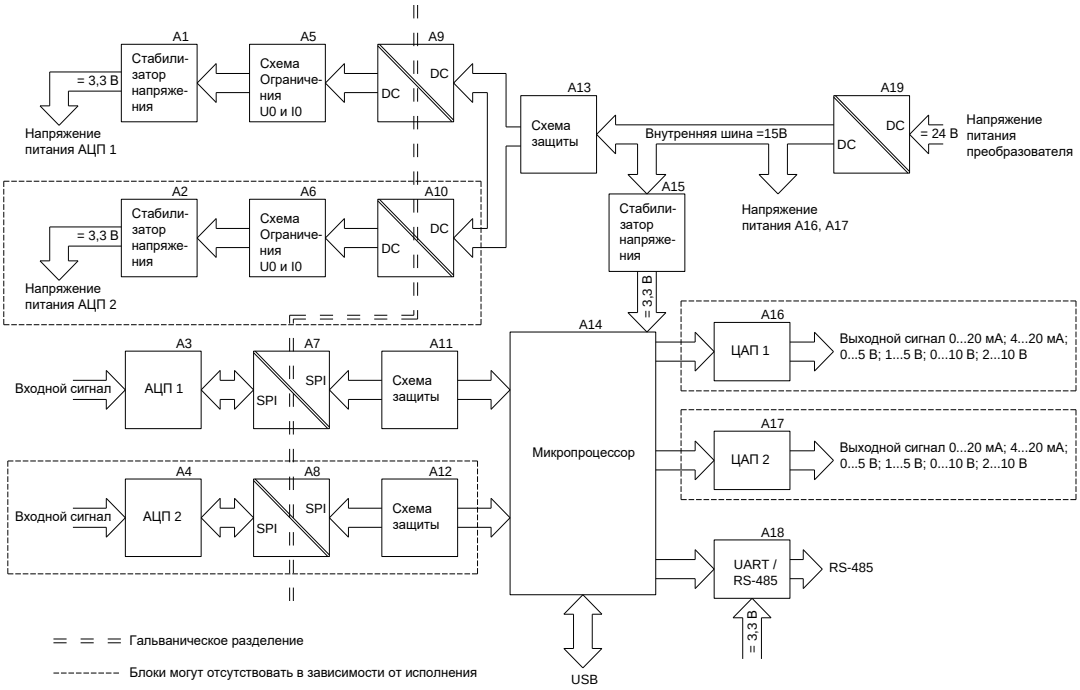

Рисунок А.1 Структурная схема преобразователей

На Рисунке А.1 использованы следующие сокращения и обозначения:

- **АЦП** – аналого-цифровой преобразователь;
- **ЦАП** – цифро-аналоговый преобразователь;
- **DC\DC** – конвертор напряжения с гальванической изоляцией;
- **SPI\SPI** – последовательный канал передачи информации с гальванической изоляцией.

Приложение Б

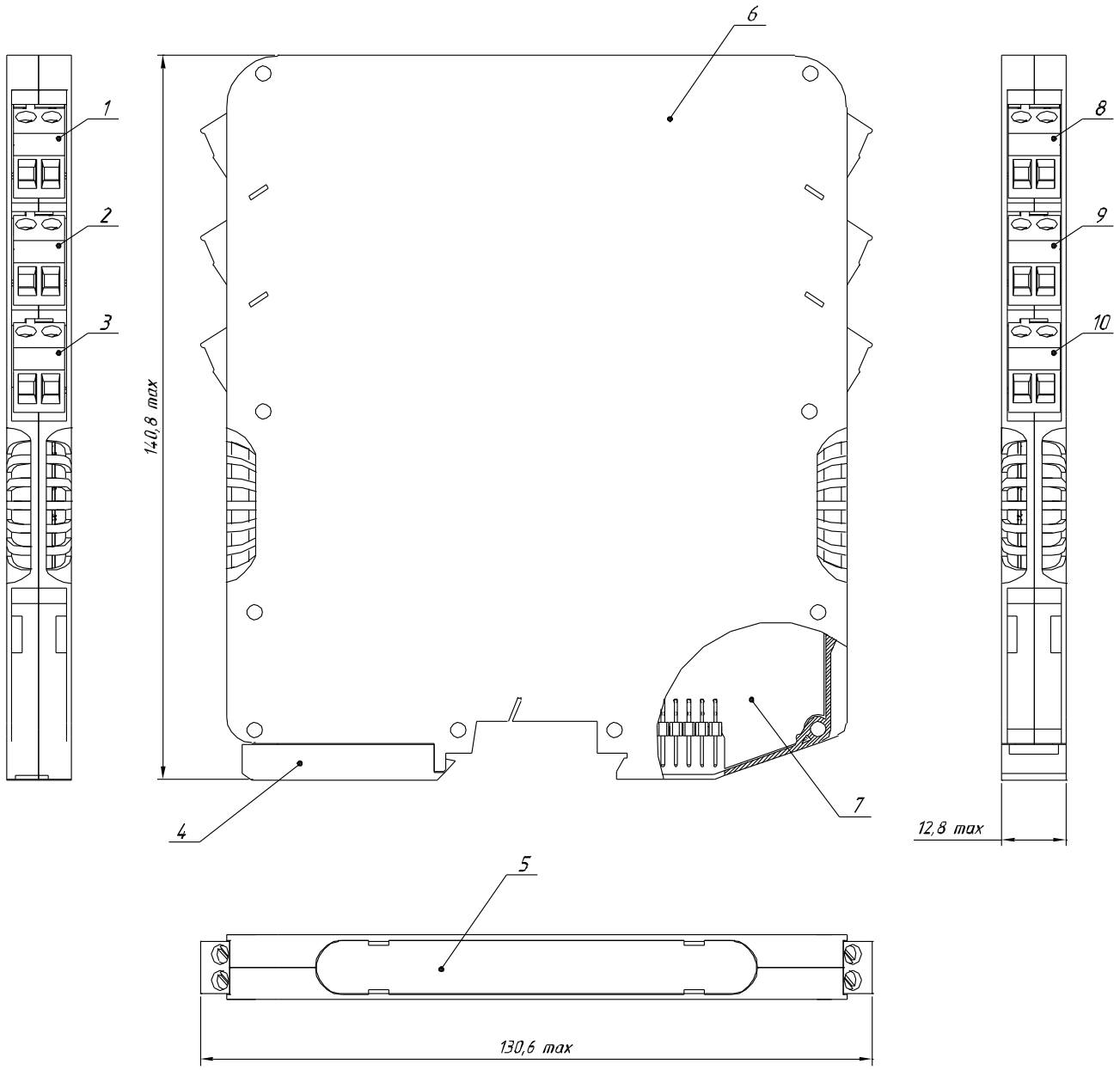

Рисунок Б.1 Конструкция преобразователя ЛПА-350