

## ЦИФРОВОЕ ТЕМПЕРАТУРНОЕ РЕЛЕ

### ТР-101 (НЕЗАВИСИМЫЕ КАНАЛЫ)



## РУКОВОДСТВО ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ ПАСПОРТ

## СОДЕРЖАНИЕ

1 НАЗНАЧЕНИЕ.....	3
2 ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ.....	3
3 УСТРОЙСТВО И ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ.....	4
3.1 Устройство ТР-101 .....	4
3.2 Принцип действия и обработка входного сигнала.....	5
4 ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ И МЕРЫ БЕЗОПАСНОСТИ.....	10
4.1 Меры безопасности .....	10
4.2 Порядок технического обслуживания .....	10
5 ПОДКЛЮЧЕНИЕ ПРИБОРА .....	10
5.1 Монтаж внешних связей .....	10
5.2 Подключение прибора .....	10
5.3 Подключение датчиков (ТС) .....	10
6 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТР-101 .....	12
6.1 Общие сведения.....	12
6.2 Тестирование выходных реле .....	12
7 ПРОГРАММИРОВАНИЕ .....	12
7.1. Общие сведения.....	12
7.2 Порядок программирования.....	17
8 СРОК СЛУЖБЫ, ХРАНЕНИЯ И ГАРАНТИИ ИЗГОТОВИТЕЛЯ.....	19
9 ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ .....	20
ПРИЛОЖЕНИЕ А.....	21
1 ИНТЕРФЕЙС СВЯЗИ RS-485 .....	21
1.1 Общие указания.....	21
1.2 Удаленное управление силовыми реле .....	21
1.3 Настройка обмена данными через интерфейс RS-485.....	21
1.4 Обмен данными по интерфейсу RS-485 .....	21
ПРИЛОЖЕНИЕ Б .....	24
1. ЮСТИРОВКА ПРИБОРА.....	24
1.1 Общие указания .....	24

Настоящее руководство по эксплуатации предназначено для ознакомления обслуживающего персонала с устройством, принципом действия, конструкцией, порядком эксплуатации и обслуживания цифрового температурного реле ТР-101 (в дальнейшем по тексту «прибор», «ТР-101» или «прибор ТР-101»).

## 1 НАЗНАЧЕНИЕ

Цифровое температурное реле ТР-101 предназначено для измерения и контроля температуры устройства по четырем независимым датчикам, подключаемым по двух- или трехпроводной схеме, с последующим отображением температуры на дисплее. Может быть использовано в различных отраслях промышленности, коммунального и сельского хозяйства.

Прибор позволяет осуществлять следующие функции:

- измерение температуры по четырем независимым каналам с помощью стандартных датчиков;
- регулирование температуры по пропорционально-интегрально-дифференциальному (ПИД) закону, с выходным ключевым элементом (реле);
- двухпозиционное регулирование температуры;
- отображение текущего измеряемого значения температуры на встроенном светодиодном цифровом индикаторе;
- передачу компьютеру значения измеренных температур контролируемых датчиков по стандартному протоколу Modbus RTU;
- определение обрыва или замыкания линий подключенных датчиков;
- цифровую фильтрацию и коррекцию измеряемой температуры;
- программирование кнопками на лицевой панели и через ПК;
- сохранение настроек при отключении питания;
- защита настроек от несанкционированных изменений.

ТР-101 имеет универсальное питание и может использовать любое напряжение от 24 до 260В, независимо от полярности.

В качестве датчиков температуры ТР-101 может использовать следующие типы:

Таблица 1

Тип ТС	Номинальное значение сопротивления при 0 °С, R0, Ом	Условное обозначение номинальной статической характеристики преобразования (НСХ)			Диапазон измеряемых температур °С
		в народном хозяйстве	международное		
Платина			W100 = 1,3850	W100 = 1,3910	
	50	50П	Pt50	Pt'50	-50...+200
	100	100П	Pt100	Pt'100	-50...+200
	500	500П	Pt500	Pt'500	-50...+200
	1000	1000П	Pt1000	Pt'1000	-50...+200
Медь			W100 = 1,4260	W100 = 1,4280	
	50	50М	Cu50	Cu'50	-50...+200
	100	100М	Cu100	Cu'100	-50...+200
Никель			W100 = 1,6170		
	100	100Н	Ni100		-50...+180
	120	120Н	Ni120		-50...+180
	500	500Н	Ni500		-50...+180
	1000	1000Н	Ni1000		-50...+180
Другие			W100 = 2,0805	W100 = 2,0805	
	990 при 25°С	807 при 0°С	PTC1000	EKS111	-50...+100

*W100 – отношение сопротивления датчика при 100°C к сопротивлению при 0°C ( $W100 = R100 / R0$ )*

## 2 ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

2.1 Основные технические характеристики указаны в таблице 2.

**Таблица 2**

Напряжение питания, В	24 – 260 AC/DC
Рекомендованный предохранитель для защиты прибора, А	1
Тип датчиков, используемых для измерения температуры	Pt50, Pt100, Pt500, Pt1000, Cu50, Cu100, Ni100, Ni120, Ni500, Ni1000, PTC1000
Количество подключаемых датчиков, шт.	1 – 4
Схема подключения датчиков	2 / 3 проводная
Длина провода датчика в зависимости от схемы включения, м:	2-х проводная до 5 3-х проводная до 100
Количество выходных реле, шт.	4
Время хранения данных, лет, не менее	10
Погрешность измерения температуры, не более °C	± 2
Диапазон измеряемых температур, °C	от минус 50 до +200
Тест выходных реле	есть
RS-485 MODBUS RTU	есть
ПИД – регулирование с ключевым элементом (реле)	есть
Двухпозиционное регулирование	есть
Время измерения канала, сек.	≤ 0,6
Степень защиты: - корпуса - клеммника	IP30 IP20
Климатическое исполнение	У3.1
Потребляемая мощность (под нагрузкой), ВА, не более	4,0
Масса, кг, не более	0,370
Габаритные размеры, мм	90 x 139 x 63
Коммутационный ресурс выходных контактов: - электрический ресурс 10А 250В AC, раз, не менее - электрический ресурс 10А 24В DC, раз, не менее	100 тыс. 100 тыс.
Монтаж на стандартную DIN-рейку 35мм	
Положение в пространстве произвольное	

#### Характеристика выходных контактов

Cos φ	Макс. ток при U~250В	Макс. мощн.	Макс. напр.~	Макс. ток при Uпост=30В
1,0	10 А	4000 ВА	440 В	3 А

2.2 Прибор предназначен для эксплуатации в следующих условиях:

- температура окружающей среды от минус 35 до +55 °C;
- температура хранения от минус 45 до +70 °C;
- атмосферное давление от 84 до 106,7 кПа;
- относительная влажность воздуха (при температуре 35 °C) 30...80%.

### 3 УСТРОЙСТВО И ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ

#### 3.1 УСТРОЙСТВО ТР-101

Соответствие начертания символов на цифровом индикаторе буквам латинского алфавита приведено на рисунке 3.

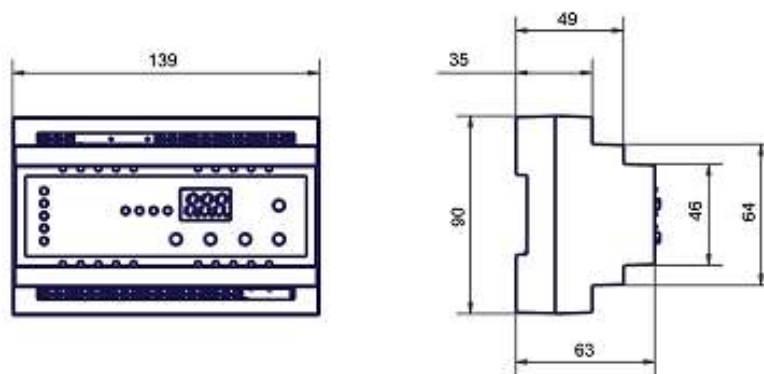


**Рисунок 3** - Соответствие начертания символов на цифровом индикаторе буквам латинского алфавита

##### 3.1.1 Конструкция

Прибор конструктивно выполнен в пластмассовом корпусе (9 модулей типа S), предназначенном

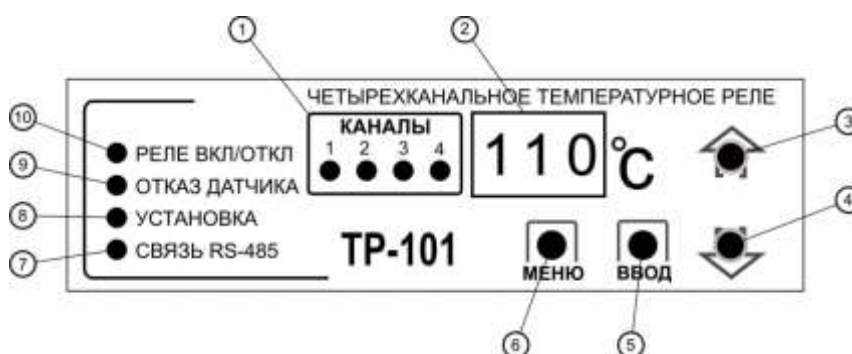
для крепления на DIN-рейку. Эскиз корпуса с габаритными и установочными размерами приведен на рисунке 3.1.



**Рисунок 3.1** - Габаритные размеры прибора

### 3.1.2 Индикация и управление






На рисунке 3.2 приведен внешний вид лицевой панели прибора TP-101



- 1 – индикатор номера текущего канала отображения;
- 2 – семисегментный цифровой индикатор;
- 3 – кнопка вверх;
- 4 – кнопка вниз;
- 5 – кнопка ввода, используется в режиме программирования прибора;
- 6 – кнопка входа в режим просмотра и программирования прибора;
- 7 – индикатор включения и активности связи по RS-485;
- 8 – индикатор включения режима программирования параметров;
- 9 – индикатор отказа датчиков;
- 10 – индикатор включения (отключения) реле.

**Рисунок 3.2** - Лицевая панель TP-101

Управление прибором осуществляется следующим образом:

- для переключения между каналами используются кнопки  .
- для входа в режим просмотра параметров - кнопка .
- для входа в режим изменения параметров - нажать и удерживать в течение 7сек. кнопку , при этом должен загореться индикатор “установка” (рисунок 3.2 поз.8).
- для сохранения измененного значения – кнопка .
- при отсутствии нажатий любой из кнопок в течение 20с, TP-101 отобразит надпись ЕНЬ (в течение 1 с), и перейдет в исходное состояние.

## 3.2 ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ И ОБРАБОТКА ВХОДНОГО СИГНАЛА

### 3.2.1 Принцип действия

В процессе работы TP-101 производит опрос входных датчиков, вычисляя по полученным данным текущее значение температуры, отображает ее на цифровом индикаторе и выдает сигналы управления на реле соответствующего канала.

### 3.2.2 Обработка входного сигнала

Сигнал, полученный с датчика, преобразуется в цифровое значение температуры.

Для устранения начальной погрешности преобразования входных сигналов и погрешностей, вносимых соединительными проводами, измеренное прибором значение может быть откорректировано. В ТР-101 есть два типа коррекции, позволяющих осуществлять сдвиг или наклон характеристики на заданную величину, независимо для каждого входа.

### 3.2.3 Коррекция измерений

3.2.3.1 Для компенсации погрешностей  $\Delta R = (R_0 - R_{0.TC})$ , вносимых сопротивлением подводящих проводов RTC, к каждому измеренному значению температуры  $T_{изм}$  прибавляется заданное пользователем значение  $\delta$ . На рисунке 3.3 приведен пример сдвига характеристики для датчика Pt100.

Программируемые параметры  $SH1, SH2, SH3, SH4$ .

3.2.3.2 Для компенсации погрешностей датчиков при отклонении значения  $W_{100}$  от номинального каждое измеренное значение параметра  $T_{изм}$  умножается на заданный пользователем поправочный коэффициент  $\alpha$ . Коэффициент задается в пределах от 0,50 до 2,00. На рисунке 3.4 приведен пример изменения наклона характеристики для датчика Pt100.

Программируемые параметры  $EU1, EU2, EU3, EU4$ .

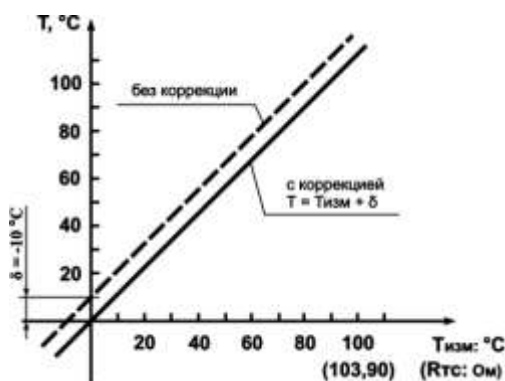


Рисунок 3.3

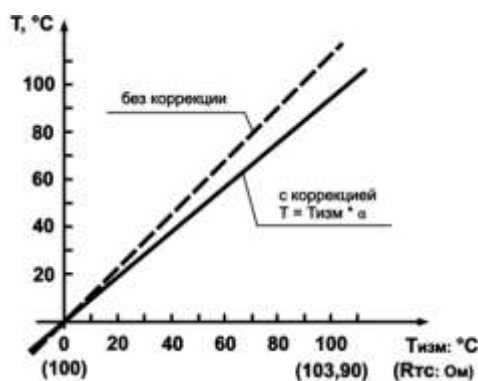


Рисунок 3.4

### 3.2.4 Цифровой фильтр

Для улучшения эксплуатационных качеств, входных сигналов, в приборе используются цифровые фильтры, позволяющие уменьшить влияние случайных помех на измерение температуры.

Программируемые параметры:

- полоса цифрового фильтра  $Fb1, Fb2, Fb3, Fb4$ ;
- постоянная времени цифрового фильтра  $Ft1, Ft2, Ft3, Ft4$ .

**Для каждого входа фильтры настраиваются независимо.**

3.2.4.1 Полоса цифрового фильтра позволяет защитить измерительный тракт от единичных помех и задается в градусах Цельсия ( $^{\circ}C$ ). Если измеренное значение  $T_{изм}$  отличается от предыдущего  $T_{изм-1}$  на величину, большую, чем значение параметра  $Fb$ , то прибор присваивает ему значение, равное  $(T_{изм} + Fb)$  (рисунок 3.5). Таким образом, характеристика сглаживается.

Как видно из рисунка 3.5, малая ширина полосы фильтра приводит к замедлению реакции прибора на быстрое изменение температуры. Поэтому при низком уровне помех или при работе с быстро меняющимися температурами, рекомендуется увеличить значение параметра или отключить действие полосы фильтра, установив в параметре  $Fb1$  ( $Fb2, Fb3, Fb4$ ) значение 0. При работе в условиях сильных помех для устранения их влияния на работу прибора, необходимо уменьшить значение параметра.

3.2.4.2 Цифровой фильтр устраняет шумовые составляющие сигнала, осуществляя его экспоненциальное сглаживание. Основной характеристикой экспоненциального фильтра является  $тф$  – постоянная времени цифрового фильтра, параметр  $Ft1$  ( $Ft2, Ft3, Ft4$ ) – интервал, в течение которого температура достигает **63,2%** измеренного значения  $T_{изм}$  (рисунок 3.6).

Уменьшение значения  $тф$  приводит к более быстрой реакции прибора на скачкообразные изменения температуры, но снижает его помехозащищенность. Увеличение  $тф$  повышает инерционность прибора, шумы при этом значительно подавлены.

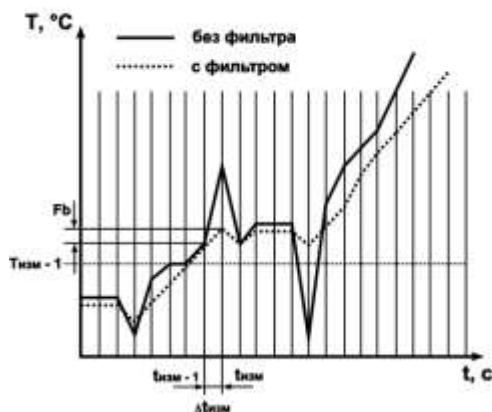


Рисунок 3.5

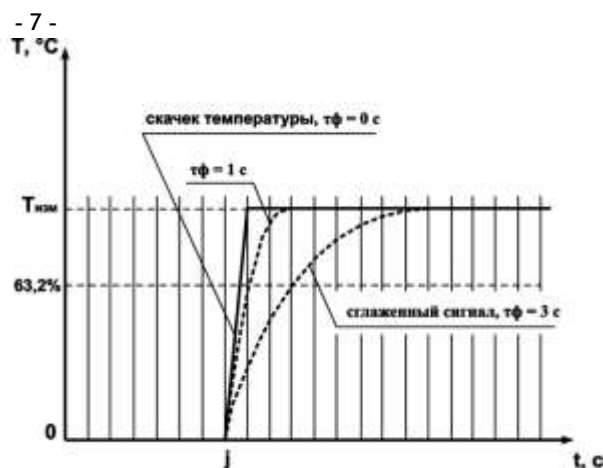


Рисунок 3.6

### 3.2.5 Двухпозиционный регулятор (двухпозиционное регулирование)

Прибор в режиме двухпозиционного регулирования работает по одному из двух типов логики (рисунок 3.7):

- Логика №1 (нагреватель) применяется для управления работой нагревателя (например, ТЭНа) или сигнализации о том, что значение текущей температуры  $T_{тек}$  меньше уставки  $T_{уст}$ .

При этом выходное реле первоначально включается при значениях  $T_{тек} < T_{уст} - HS$ , выключается при  $T_{тек} > T_{уст}$  и вновь включается при  $T_{тек} < T_{уст} - HS$ , осуществляя тем самым двухпозиционное регулирование по уставке  $T_{уст}$  с гистерезисом  $HS$ .

- Логика №2 (охладитель) применяется для управления работой охладителя (например, вентилятора) или сигнализации о превышении значения уставки  $T_{уст}$ . При этом выходное реле первоначально включается при значениях  $T_{тек} > T_{уст} + HS$ , выключается при  $T_{тек} < T_{уст}$  и вновь включается при  $T_{тек} > T_{уст} + HS$ .

При использовании в качестве охладителя компрессора, настоятельно рекомендуется устанавливать значение  $HS$  таким, чтоб обеспечить нормальное (минимальное) время отключения компрессора, не приводящее к поломке оборудования.

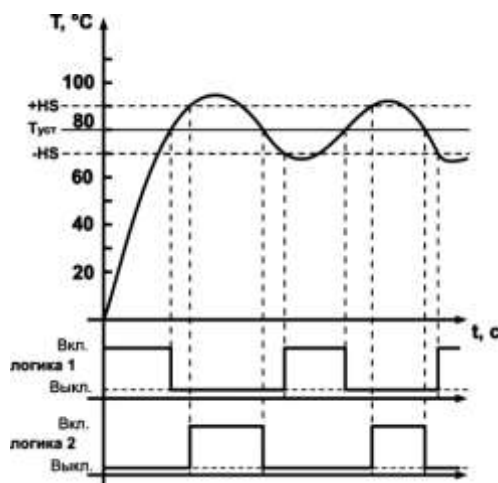


Рисунок 3.7 - Диаграмма срабатывания выходных реле в режиме двухпозиционного регулирования

Программируемые параметры:

$T_{уст}$  – уставка температуры  $SP.1 (SP.2, SP.3, SP.4)$ ;

$HS$  – гистерезис  $HS.1 (HS.2, HS.3, HS.4)$ ;

$rl.1 (rl.2, rl.3, rl.4)$  – логика работы выходного реле.

### 3.2.6 ПИД – регулятор (пропорционально-интегрально-дифференциальное регулирование)

#### 3.2.6.1 Общие принципы ПИД-регулирования.

Регулятор вырабатывает “управляющий” сигнал  $Y_i$ , действие которого направлено на уменьшение отклонения  $E_i$ :

$$Y_i = \frac{1}{X_p} \left( E_i + \frac{1}{\tau_n} \sum_{i=0}^n E_i * \Delta t_{изм} + \tau_d * \frac{\Delta E_i}{\Delta t_{изм}} \right) * 100\%$$

где:

$X_p$  – полоса пропорциональности (программируемый параметр -  $P$  );

$E_i$  – разность между заданным  $T_{уст}$  и текущим  $T_{тек}$  значением температуры, или рассогласование;

$\tau_d$  – постоянная времени дифференцирования (программируемый параметр “дифференциальная постоянная ПИД-регулятора” -  $d$  );

$\Delta E_i$  – разность между двумя соседними измерениями  $E_i$  и  $E_{i-1}$ ;

$\Delta t_{изм}$  – время между двумя соседними измерениями  $T_{тек}$  и  $T_{тек-1}$ ;

$\tau_i$  – постоянная времени интегрирования (программируемый параметр “интегральная постоянная ПИД-регулятора” -  $i$  );

$\sum_{i=1}^n E_i * \Delta t_{изм}$  - накопленная сумма рассогласований.

Для эффективной работы ПИД-регулятора необходимо установить правильные для конкретного объекта регулирования значения коэффициентов  $X_p$ ,  $\tau_d$  и  $\tau_i$ .

Программируемые параметры:

$[X_p] - P.1( P.2, P.3, P.4); [\tau_d] - d.1( d.2, d.3, d.4); [\tau_i] - i.1( i.2, i.3, i.4).$

**ВНИМАНИЕ!** В некоторых случаях ПИД-регулирование является избыточным или недопустимым.

В таких случаях выставив коэффициент  $\tau_i = 0$  или  $\tau_d = 0$  можно получить соответственно ПД или PI регулятор.

### 3.2.6.2 Пропорциональный регулятор

Пропорциональный регулятор является основным, где задание температуры прямо пропорционально ошибке. Если используется только пропорциональный регулятор, то в системе всегда будет ошибка. Низкие значения пропорционального коэффициента регулятора приводят к неустойчивости и колебаниям в системе, а слишком высокие приводят к «вялости» системы.

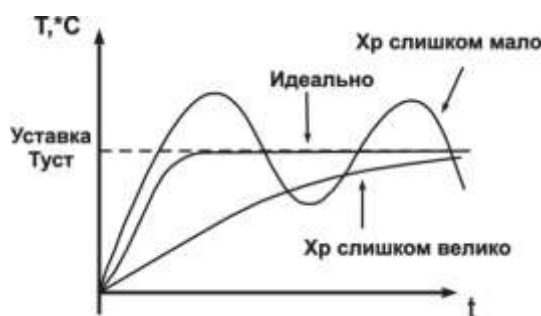


Рисунок 3.8 - График работы пропорционального регулятора

### 3.2.6.3 Интегральный регулятор

Интегральный регулятор используется для исключения ошибки. Температура будет расти до момента исключения ошибки (или уменьшаться при отрицательной ошибке). Малые значения интегральной составляющей значительно влияют на работу регулятора в целом. Если установлено слишком высокое значение – система промахнется, и будет работать с перерегулированием.

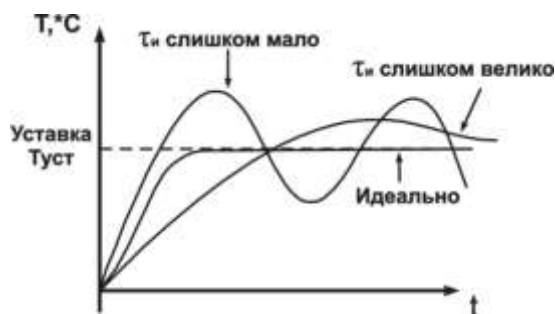


Рисунок 3.9 - График работы интегрального регулятора

### 3.2.6.4 Дифференциальный регулятор

Дифференциальный регулятор, оценивая скорость изменения ошибки, используется для увеличения быстродействия системы. Он и повышает быстродействие регулятора в целом. Однако с повышением быстродействия регулятора также увеличивается и его перерегулирование, что приводит к



нестабильности системы. В большинстве случаев, дифференциальная составляющая устанавливается нулевой или близкой к некоторому очень низкому значению для предотвращения этого.

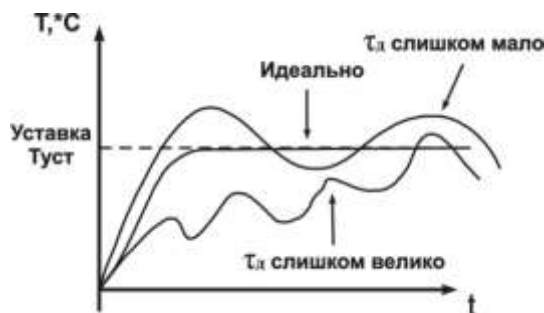


Рисунок 3.10 - График работы дифференциального регулятора

### 3.2.6.5 Методы ПИД-регулирования

При регулировании выбирают один из методов управления: “нагреватель” или “охладитель”.

“Нагреватель” – значение выходного сигнала регулятора уменьшается с увеличением контролируемой температуры.

“Охладитель” – значение выходного сигнала регулятора увеличивается с увеличением контролируемой температуры.

Программируемые параметры:  $\tau_{\text{I}1}$  ( $\tau_{\text{I}2}$ ,  $\tau_{\text{I}3}$ ,  $\tau_{\text{I}4}$ ).

**ВНИМАНИЕ!** Не рекомендуется использование ПИД-регулирования в режиме охладителя для компрессора, в связи с отсутствием контроля минимального времени отключения компрессора, что может повлечь за собой поломку оборудования.

### 3.2.6.6 Работа в режиме ПИД – регулятора с выходным ключевым элементом (ШИМ)

Управляющий сигнал с ПИД – регулятора ( $Y_i$ ) преобразуется в последовательность импульсов (рисунок 3.11) согласно следующей формуле:

$$D = T_{\text{сл}} * \frac{Y_i}{100\%}$$

где:

$D$  – длительность импульса (сек.)  $L1$ ,  $L2$ ,  $L3$ ,  $L4$ ;

$T_{\text{сл}}$  – период следования импульсов (с)  $t1$ ,  $t2$ ,  $t3$ ,  $t4$ ;

$Y_i$  – управляющий сигнал ПИД-регулятора (%).

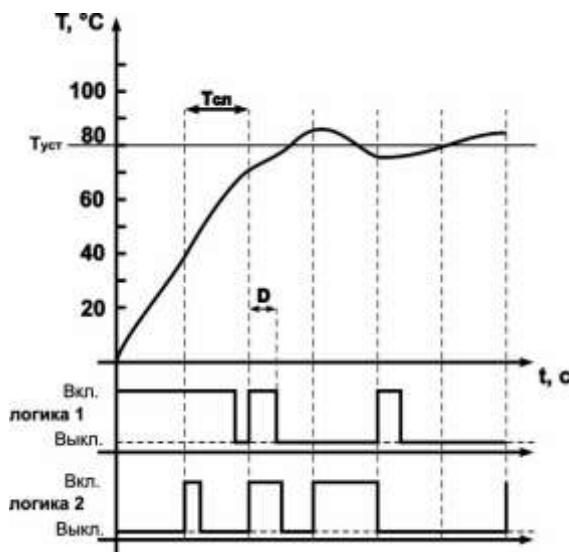


Рисунок 3.11 - Диаграмма срабатывания выходных реле в режиме ПИД-регулирования

**ВНИМАНИЕ!** Малое значение  $T_{\text{сл}}$  приводит к частым коммутациям и быстрому износу силовых контактов реле, а большое значение – к ухудшению качества регулирования.

### 3.2.7 Интерфейс связи RS-485

Использование интерфейса связи описано в Приложении А.

## **4 ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ И МЕРЫ БЕЗОПАСНОСТИ**

### **4.1 МЕРЫ БЕЗОПАСНОСТИ**

На открытых контактах клеммника прибора при эксплуатации присутствует напряжение величиной до 250 В, опасное для человеческой жизни. Любые подключения к прибору и работы по его техническому обслуживанию производить только при отключенном питании прибора и исполнительных механизмов.

Не допускается попадание влаги на контакты выходного разъема и внутренние электроэлементы прибора. Запрещается использование прибора в агрессивных средах с содержанием в атмосфере кислот, щелочей, масел и т. п.

Подключение, регулировка и техническое обслуживание прибора должны производиться только квалифицированными специалистами, изучившими настоящее руководство по эксплуатации.

### **4.2 ПОРЯДОК ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ**

Рекомендуемая периодичность технического обслуживания – каждые шесть месяцев.

Техническое обслуживание состоит из визуального осмотра, в ходе которого проверяется надежность подсоединения проводов к клеммам прибора, отсутствие сколов и трещин на его корпусе.

При выполнении технического обслуживания прибора соблюдать меры безопасности, изложенные в п.4.1.

## **5 ПОДКЛЮЧЕНИЕ ПРИБОРА**

### **5.1 МОНТАЖ ВНЕШНИХ СВЯЗЕЙ**

#### **5.1.1 Общие указания**

Подготовить кабели для соединения прибора с датчиками, исполнительными механизмами и внешними устройствами, а также с источником питания. Для обеспечения надежности электрических соединений рекомендуется использовать кабели с медными многопроволочными жилами, концы которых перед подключением следует тщательно зачистить и облудить. Зачистку жил кабеля следует выполнять с таким расчетом, чтобы их оголенные концы после подключения к прибору не выступали за пределы клеммника. Сечение кабеля не должно превышать 2,5 мм<sup>2</sup>.

#### **5.1.2 Указания по монтажу для уменьшения электромагнитных помех**

При прокладке линий “прибор - датчик”, следует выделить их в самостоятельную трассу (или несколько трасс). Трассы располагают отдельно от силовых кабелей, а также от кабелей, создающих высокочастотные и импульсные помехи.

**ВНИМАНИЕ!** Трассы следует планировать таким образом, чтобы длина сигнальных линий была минимальной.

#### **5.1.3 Указания по монтажу для уменьшения помех, возникающих в питающей сети**

Подключение прибора следует производить к сетевому фидеру 220В 50Гц, не связанному непосредственно с питанием мощного силового оборудования. Во внешней цепи рекомендуется установить выключатель питания, обеспечивающий отключение прибора от сети и плавкие предохранители на ток 1А.

### **5.2 ПОДКЛЮЧЕНИЕ ПРИБОРА**

Подключение прибора производится по схеме (рисунок 5.1), соблюдая изложенную ниже последовательность действий.

- а) произвести подключение прибора к источнику питания и исполнительным механизмам;
- б) подключить линии связи “прибор – датчик” к входам прибора.

**ВНИМАНИЕ!** Клеммные соединители прибора, предназначенные для подключения сети питания и внешнего силового оборудования, рассчитаны на максимальное напряжение 250 В. Во избежание электрического пробоя изоляции подключение к контактам прибора источников напряжения выше указанного запрещается.

### **5.3 ПОДКЛЮЧЕНИЕ ДАТЧИКОВ (ТС)**

В приборах ТР-101 используется трехпроводная схема подключения ТС (термопреобразователи сопротивления). К одному из выводов ТС подсоединяются два провода, а третий подключается к другому выводу ТС (рисунок 5.1). Такая схема при соблюдении условий равенства сопротивлений всех трех проводов позволяет скомпенсировать их влияние на измерение температуры.

Термопреобразователи сопротивления могут подключаться к прибору и по двухпроводной схеме, но при этом отсутствует компенсация сопротивления соединительных проводов и поэтому может наблюдаться некоторая зависимость показаний прибора от колебаний температуры проводов.

### 5.3.1 Подключение датчиков (ТС) по двухпроводной схеме

5.3.1.1 Подключение ТС (термопреобразователей сопротивления) с прибором по двухпроводной схеме производится в случае невозможности использования трехпроводной схемы, например при установке ТР-101 на объектах, оборудованных ранее проложенными двухпроводными монтажными трассами.

5.3.1.2 Следует помнить, что показания прибора будут зависеть от изменения сопротивления проводов линии связи “датчик - прибор”, происходящего под воздействием температуры окружающего воздуха. Для компенсации паразитного сопротивления проводов нужно выполнить следующие действия:

- Перед началом работы установить перемычку между контактами 23 и 24 ((26 и 27), (29 и 30), (32 и 33)) клеммника прибора, а двухпроводную линию подключить непосредственно к контактам 22 и 23 ((25 и 26), (28 и 29), (31 и 32)).
- Далее подключить к противоположным от прибора концам линии связи “датчик - прибор” вместо термопреобразователя магазин сопротивлений с классом точности не хуже 0,05 (например, МСР-63).
- Установить на магазине значение, равное сопротивлению ТС при температуре 0 °С (50, 100, 500, 1000 Ом, в зависимости от типа датчика).
- Подать на прибор питание и через 20 – 30 сек по показаниям цифрового индикатора определить величину отклонения температуры от 0 °С.
- Установить значение параметра **SH1** (**SH2**, **SH3**, **SH4**), равное по величине отклонению температуры, но взятое с противоположным знаком.
- Проверить правильность заданного значения, для чего, не изменяя значения сопротивления на магазине, дождаться пока прибор перейдет в режим измерения температуры и убедиться, что при этом его показания равны  $0 \pm 1$  °С.
- Отключить питание прибора, отсоединить линию связи от магазина сопротивлений и подключить ее к ТС.
- После выполнения указанных действий прибор готов к дальнейшей работе.

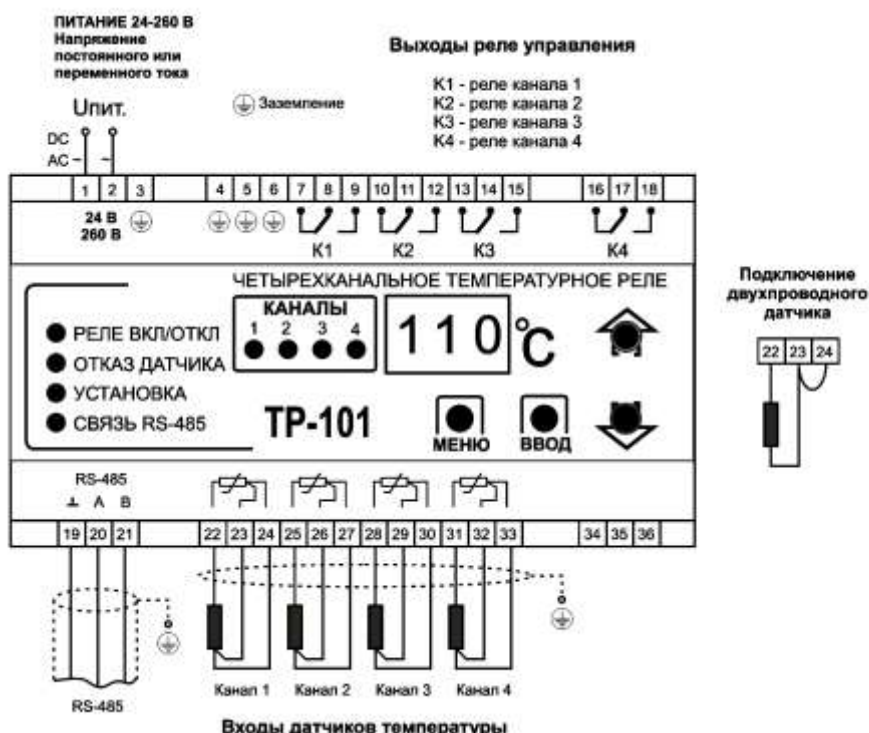


Рисунок 5.1 - Схема подключения ТР-101

**ВНИМАНИЕ!** Во избежание влияния помех на измерительную часть прибора, линии связи “прибор - датчик” в обязательном порядке должны быть:

- изготовлены из экранированного кабеля типа витая пара (тройка);
- сечением не менее 0,5мм<sup>2</sup>;
- прочно присоединены к клеммам прибора;

- маршрут соединения кабелей должен быть отделен от кабелей высокого напряжения и от кабелей, питающих индуктивную нагрузку;

## 6 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ TP-101

### 6.1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

6.1.1 При включении питания прибора засвечиваются все индикаторы на 2 секунды. После этого на цифровом индикаторе отображается измеренная температура канала 1. С интервалом в 4 секунды прибор поочередно выводит измеренную температуру включенных каналов.



6.1.2 При наличии неисправностей прибор выводит на цифровой индикатор код ошибки (таблица 6.1).


Таблица 6.1

НЕИСПРАВНОСТЬ	ПРИМЕЧАНИЕ
Ошибка параметра	TP-101 вместо ошибочного параметра загружает заводскую установку, при этом на дисплей выводится надпись $E \cdot P$ и TP-101 продолжает нормальное функционирование.
Отказ EEPROM	Все реле выключаются, и на дисплей выводится надпись $E \cdot E \cdot P$
Замыкание любого датчика	Выключается реле соответствующего канала, индикатор "отказ датчика" начинает мигать. На дисплей выводится надпись $F \cdot c \cdot c$
Обрыв любого датчика	Выключается реле соответствующего канала, индикатор "отказ датчика" начинает мигать. На дисплей выводится надпись $F \cdot o \cdot c$

### 6.2 ТЕСТИРОВАНИЕ ВЫХОДНЫХ РЕЛЕ

В приборе предусмотрено тестирование как всех реле вместе, так и каждого реле по отдельности, для этого необходимо:

- в режиме изменения параметров установить значение параметра  $t \cdot 5 \cdot t$ , в соответствии с таблицей 7.1, и нажать кнопку , при этом на дисплее отобразится надпись  $o \cdot F \cdot F$  (означающая, что тестируемые реле находятся в нормально разомкнутом (выключенном) состоянии), отключатся все светодиодные индикаторы.
- однократным нажатием кнопки  меняется состояние тестируемых реле:
  - $o \cdot F \cdot F$  - реле находятся в нормально разомкнутом (выключенном) состоянии;
  - $o \cdot o \cdot o$  - реле находятся в нормально замкнутом (включенном) состоянии.

Для перехода обратно в меню нажать – кнопку . При отсутствии нажатия любой из кнопок в течение 20сек., TP-101 перейдет в исходное состояние.

## 7 ПРОГРАММИРОВАНИЕ

### 7.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

**ВНИМАНИЕ!** Во время пребывания в режиме программирования прибор не осуществляет регулирование, а выходные реле нагрузки переводятся в состояние ОТКЛЮЧЕНО.

7.1.1 Программируемые параметры задаются пользователем при программировании и сохраняются при отключении питания в энергонезависимой памяти.

Полный список программируемых параметров приведен в таблице 7.1

Таблица 7.1

Адрес	Параметр	Мнемоника	Мин./Макс	Заводская установка	Действие
dec	<b>Общие</b>				
21	Авария датчика	$A \cdot c \cdot t$	0/1	0	Состояние реле нагрузки при аварии датчика: 0 – реле нагрузки отключено; 1 – реле нагрузки включено.
	<b>Системные</b>				
22	Режим индикации	$d \cdot S \cdot P$	0/1	0	Режим работы индикации прибора: 0 – TP-101 поочередно, с интервалом 4с, отображает температуру включенных

Адрес	Параметр	Мнемоника	Мин./Макс	Заводская установка	Действие
					датчиков. 1 – оператор вручную просматривает температуру датчиков.
23	Пароль	PAS**	000/999	000	000 – пароль отключен, любое другое значение активирует пароль
24	Сброс	rSE*	0/1	0	Сброс всех настроек на заводские. 0 – не выполнять сброс; 1 – сбросить все параметры на заводские.
25	Тест реле	tSE*	0/4	0	Тестирование выходных реле TP-101: 0 – тестировать все реле. 1 – тестировать реле 1; 2 – тестировать реле 2; 3 – тестировать реле 3; 4 – тестировать реле 4.
26	Версия	uEr*		52	Версия устройства
<b>RS-485</b>					
27	Включение	rSA	0/2	0	Включение/Отключение RS-485: 0 – отключено; 1 – включено; 2 – удаленное управление силовыми реле.
28	Идентификатор	rSn	1/247	1	Номер устройства (сетевой адрес)
29	Скорость	rSS	0/2	2	Скорость передачи данных: 0 – 2400 (бит/с); 1 – 4800 (бит/с). 2 – 9600 (бит/с);
30	Тайминг	rSL	0/999	0	Время задержки ответа. ( x100мкс ) Одна единица значения равна 100мкс.
<b>Канал 1</b>					
31	Вкл. канала	cH1	0/3	1	Использование канала: 0 – канал отключен; 1 – канал работает с двухпозиционным регулированием; 2 – канал работает с ПИД регулированием; 3 – автонастройка ПИД (Хр, ти, тд).
32	Уставка	SP1	-50/200 °C	100	Уставка температуры (Туст)
33	Гистерезис	HS1	0/50 °C	1	Гистерезис температуры (HS)
34	Реле	rE1	0/1	0	Метод управления реле 0 – логика 1 (нагреватель); 1 – логика 2 (охладитель).
35	Пропорц. П	P1	1/999 °C	40	Полоса пропорциональности ПИД (Хр)
36	Интегр. И	I1	0/999 мин	130	Интегральная постоянная ПИД (ти)
37	Дифф. Д	D1	0/999 мин	4	Дифференциальная постоянная ПИД (тд)
38	Период	t1	60/999 с	60	Период следования импульсов ШИМ (Тсл)
39	Длительность	L1	1/999 с	1	Минимальная длительность импульса ШИМ
40	Сдвиг характеристики	SH1	-50/50 °C	0	Сдвиг характеристики датчика 0 – запрещено (любое другое значение включает данный режим)
41	Наклон характеристики	PU1	0,50/2,00	1,00	Наклон характеристики датчика (в режиме <b>modbus</b> - значение умножается на 100)
42	Полоса фильтра	Fb1	0/50 °C	0	Полоса цифрового фильтра 0 – запрещено (любое другое значение включает данный режим)
43	Время фильтра	FE1	0/60 с	2	Постоянная времени цифрового фильтра 0 – запрещено (любое другое значение включает данный режим)

Адрес	Параметр	Мнемоника	Мин./Макс	Заводская установка	Действие
44	Тип датчика	сЕ1	0/16	1	Тип используемого датчика: 0 – Pt50; 8 – Ni500; 16- PTC1000; 1 – Pt100; 9 – Ni1000; 2 – Pt500; 10 – Pt'50; 3 – Pt1000; 11 – Pt'100; 4 – Cu50; 12 – Pt'500; 5 – Cu100; 13 – Pt'1000; 6 – Ni100; 14 – Cu'50; 7 – Ni120; 15 – Cu'100;
<b>Канал 2</b>					
45	Вкл. канала	сН2	0/3	1	Использование канала: 0 – канал отключен; 1 – канал работает с двухпозиционным регулированием; 2 – канал работает с ПИД регулированием; 3 – автонастройка ПИД ( <b>Хр</b> , <b>ти</b> , <b>тд</b> ).
46	Уставка	SP2	-50/200 °C	100	Уставка температуры ( <b>Туст</b> )
47	Гистерезис	HS2	0/50 °C	1	Гистерезис температуры ( <b>HS</b> )
48	Реле	сЕ2	0/1	0	Метод управления реле 0 – логика 1 (нагреватель); 1 – логика 2 (охладитель).
49	Пропорц. П	P2	1/999 °C	40	Полоса пропорциональности ПИД ( <b>Хр</b> )
50	Интегр. И	т2	0/999 мин	130	Интегральная постоянная ПИД ( <b>ти</b> )
51	Дифф. Д	д2	0/999 мин	4	Дифференциальная постоянная ПИД ( <b>тд</b> )
52	Период	Е2	60/999 сек	60	Период следования импульсов ШИМ ( <b>Тсл</b> )
53	Длительность	Л2	1/999 сек	1	Минимальная длительность импульса ШИМ
54	Сдвиг характеристики	сН2	-50/50 °C	0	Сдвиг характеристики датчика 0 – запрещено (любое другое значение включает данный режим)
55	Наклон характеристики	ЕУ2	0,50/2,00	1,00	Наклон характеристики датчика (в режиме <b>modbus</b> - значение умножается на 100)
56	Полоса фильтра	Fb2	0/50 °C	0	Полоса цифрового фильтра 0 – запрещено (любое другое значение включает данный режим)
57	Время фильтра	Ft2	0/60 сек	2	Постоянная времени цифрового фильтра 0 – запрещено (любое другое значение включает данный режим)
58	Тип датчика	сЕ2	0/16	1	Тип используемого датчика: 0 – Pt50; 8 – Ni500; 16 -PTC1000; 1 – Pt100; 9 – Ni1000; 2 – Pt500; 10 – Pt'50; 3 – Pt1000; 11 – Pt'100; 4 – Cu50; 12 – Pt'500; 5 – Cu100; 13 – Pt'1000; 6 – Ni100; 14 – Cu'50; 7 – Ni120; 15 – Cu'100;
<b>Канал 3</b>					
59	Вкл. канала	сН3	0/3	1	Использование канала: 0 – канал отключен; 1 – канал работает с двухпозиционным регулированием; 2 – канал работает с ПИД регулированием; 3 – автонастройка ПИД ( <b>Хр</b> , <b>ти</b> , <b>тд</b> ).
60	Уставка	SP3	-50/200 °C	100	Уставка температуры ( <b>Туст</b> )
61	Гистерезис	HS3	0/50 °C	1	Гистерезис температуры ( <b>HS</b> )



Адрес	Параметр	Мнемоника	Мин./Макс	Заводская установка	Действие
62	Реле	<b>RE3</b>	0/1	0	Метод управления реле 0 – логика 1 (нагреватель); 1 – логика 2 (охладитель).
63	Пропорц. П	<b>РЗ</b>	1/999 °C	40	Полоса пропорциональности ПИД ( <b>Хр</b> )
64	Интегр. И	<b>IZ</b>	0/999 мин	130	Интегральная постоянная ПИД ( <b>ти</b> )
65	Дифф. Д	<b>ДЗ</b>	0/999 мин	4	Дифференциальная постоянная ПИД ( <b>тд</b> )
66	Период	<b>ЕЗ</b>	60/999 с	60	Период следования импульсов ШИМ ( <b>Тсл</b> )
67	Длительность	<b>ЛЗ</b>	1/999 с	1	Минимальная длительность импульса ШИМ
68	Сдвиг характеристики	<b>SH3</b>	-50/50 °C	0	Сдвиг характеристики датчика 0 – запрещено(любое другое значение включает данный режим)
69	Наклон характеристики	<b>NU3</b>	0,50/2,00	1,00	Наклон характеристики датчика (в режиме <b>modbus</b> - значение умножается на 100)
70	Полоса фильтра	<b>FB3</b>	0/50 °C	0	Полоса цифрового фильтра 0 – запрещено (любое другое значение включает данный режим)
71	Время фильтра	<b>FE3</b>	0/60 с	2	Постоянная времени цифрового фильтра 0 – запрещено (любое другое значение включает данный режим)
72	Тип датчика	<b>CE3</b>	0/16	1	Тип используемого датчика: 0 – Pt50;            8 – Ni500;            16 – PTC1000; 1 – Pt100;          9 – Ni1000; 2 – Pt500;          10 – Pt'50; 3 – Pt1000;        11 – Pt'100; 4 – Cu50;          12 – Pt'500; 5 – Cu100;        13 – Pt'1000; 6 – Ni100;        14 – Cu'50; 7 – Ni120;        15 – Cu'100;
<b>Канал 4</b>					
73	Вкл. канала	<b>CH4</b>	0/3	1	Использование канала: 0 – канал отключен; 1 – канал работает с двухпозиционным регулированием; 2 – канал работает с ПИД регулированием; 3 – автонастройка ПИД ( <b>Хр</b> , <b>ти</b> , <b>тд</b> ).
74	Уставка	<b>SP4</b>	-50/200 °C	100	Уставка температуры ( <b>Туст</b> )
75	Гистерезис	<b>HS4</b>	0/50 °C	1	Гистерезис температуры ( <b>HS</b> )
76	Реле	<b>RE4</b>	0/1	0	Метод управления реле 0 – логика 1 (нагреватель); 1 – логика 2 (охладитель).
77	Пропорц. П	<b>Р4</b>	1/999 °C	40	Полоса пропорциональности ПИД ( <b>Хр</b> )
78	Интегр. И	<b>IZ4</b>	0/999 мин	130	Интегральная постоянная ПИД ( <b>ти</b> )
79	Дифф. Д	<b>Д4</b>	0/999 мин	4	Дифференциальная постоянная ПИД ( <b>тд</b> )
80	Период	<b>Е4</b>	60/999 с	60	Период следования импульсов ШИМ ( <b>Тсл</b> )
81	Длительность	<b>Л4</b>	1/999 с	1	Минимальная длительность импульса ШИМ
82	Сдвиг характеристики	<b>SH4</b>	-50/50 °C	0	Сдвиг характеристики датчика 0 – запрещено. (любое другое значение включает данный режим)
83	Наклон характеристики	<b>NU4</b>	0,50/2,00	1,00	Наклон характеристики датчика (в режиме <b>modbus</b> - значение умножается на 100)
84	Полоса фильтра	<b>FB4</b>	0/50 °C	0	Полоса цифрового фильтра 0 – запрещено (любое другое значение включает данный режим)
85	Время фильтра	<b>FE4</b>	0/60 с	2	Постоянная времени цифрового фильтра

Адрес	Параметр	Мнемоника	Мин./Макс	Заводская установка	Действие
					0 – запрещено (любое другое значение включает данный режим)
86	Тип датчика	ст.4	0/16	1	Тип используемого датчика: 0 – Pt50;      8 – Ni500;      16 – PTC1000; 1 – Pt100;      9 – Ni1000; 2 – Pt500;      10 – Pt'50; 3 – Pt1000;    11 – Pt'100; 4 – Cu50;      12 – Pt'500; 5 – Cu100;     13 – Pt'1000; 6 – Ni100;     14 – Cu'50; 7 – Ni120;     15 – Cu'100;






\* - параметр доступен только для чтения;

\*\* - удаленный доступ к параметру запрещен.


Заводские установки коэффициентов ПИД установлены исходя из следующей характеристики объекта:

- нагрев производится от 0 до 100 °С;
- скорость нагрева составляет 1 °С в минуту;
- выход на номинальную температуру происходит при 70% мощности нагревателя, таким образом, запас по мощности составляет 30%.



### 7.1.2 Просмотр параметров

Для просмотра параметров необходимо однократно нажать кнопку , на дисплее отобразится первый параметр из таблицы 7.1. Листание параметров осуществляется кнопками  , просмотр параметра – кнопка , переход обратно в меню – кнопка .


### 7.1.3 Изменение параметров

Для изменения параметров необходимо нажать и удерживать в течение 7 секунд кнопку , при этом:

- Если был установлен пароль, введите его.



Изменение значения текущего разряда – кнопки  ,


переход к следующему разряду – кнопка ,


подтверждение ввода пароля – кнопка .

Отмена ввода пароля – при отсутствии нажатий любой из кнопок в течение 20 секунд, ТР-101 перейдет в исходное состояние.

- Если введенный пароль верный, включится светодиод “Установка” (рисунок 3.2 поз.8) и на дисплее отобразится первый параметр из таблицы 7.1.
- Если введенный пароль неверный, ТР-101 вернется в исходное состояние.
- Если параметр **РА5** установлен в “0” проверка пароля не осуществляется. Включится светодиод “Установка” (рисунок 3.2 поз.8) и на дисплее отобразится первый параметр из таблицы 7.1.


Листание параметров кнопками  .

запись параметра и переход обратно в меню – кнопка .



переход обратно в меню без записи – кнопка .

При отсутствии нажатий любой из кнопок в течение 20 секунд, прибор перейдет в исходное состояние.

### 7.1.4 Восстановление заводских установок

- В режиме изменения параметров (п.7.1.3) установить параметр **ст** в «1» и нажать кнопку , при этом прибор произведет перезапуск с установленными заводскими параметрами. В данном случае пароль не сбрасывается.



• Подать напряжение питания на прибор, удерживая одновременно нажатыми кнопки  , держать их нажатыми более 2 секунд, при этом на дисплее отобразится надпись **PAU**, отпустить кнопки. Через 6 секунд ТР-101 произведет перезапуск с установленными заводскими параметрами, в том числе и пароль (по умолчанию пароль отключен).

## 7.2 ПОРЯДОК ПРОГРАММИРОВАНИЯ

### 7.2.1 Установка параметров измерительного входа.

7.2.1.1 Задать значение параметра **сЕ1** (**сЕ2**, **сЕ3**, **сЕ4**) в соответствии с используемым типом датчика (таблица 1, таблица 7.1).

#### 7.2.1.2 Коррекция измерительной характеристики

Коррекция измерений, осуществляемая прибором, описана в п.3.2.3. Коррекция измерений производится прибором после задания необходимых значений параметров **SH** – сдвиг измерительной характеристики датчика, **EU** – наклон измерительной характеристики датчика.

Параметр **SH** допускается изменять в пределах от -50 до +50 °С.

Параметр **EU** допускается изменять в пределах от 0,50 до 2,00.

#### ВНИМАНИЕ!

1. Необходимость осуществления коррекции измерения выявляется после проведения поверки используемых датчиков и прибора.

2. При подключении термопреобразователя сопротивления по двухпроводной схеме, параметр **SH** задавать обязательно. Определение значения параметра **SH** производится по методике, приведенной в пункте 5.3.1.

### 7.2.2 Установка параметров цифрового фильтра

Работа цифрового фильтра описана в п.3.2.4.

Настройка цифрового фильтра измерений производится путем установки двух параметров

**Fb** – полоса цифрового фильтра и **Ft** – постоянная времени цифрового фильтра.

Значение **Ft** допускается устанавливать в пределах от 0 до 60 сек, при **Ft**=0 фильтрация методом экспоненциального сглаживания отсутствует.

Значение **Fb** устанавливается в диапазоне от 0 до 200 °С, при **Fb**=0 “ограничение единичных помех” выключено.

### 7.2.3 Установка параметров способа управления реле.

Для конкретной системы регулирования нужно выбрать способ управления, задав соответствующие значения параметра **гЕ1** (**гЕ2**, **гЕ3**, **гЕ4**):

0 – логика 1 (нагреватель);

1 – логика 2 (охладитель).

### 7.2.4 Установка режимов регулирования.

Прибор может работать в одном из двух режимов регулирования, двухдиапазонное или ПИД – регулирование.

Установка требуемого режима осуществляется установкой нужного значения параметра **сН1** (**сН2**, **сН3**, **сН4**):

0 – отключен;

1 – двухдиапазонное регулирование;

2 – ПИД – регулирование;

3 – Автонастройка ПИД (автоматическое определение коэффициентов ПИД см.п. 7.2.6.2)

Гистерезис двухдиапазонного регулятора **НС** (°С) задается в параметре **НС1** (**НС2**, **НС3**, **НС4**) (п.3.2.5), параметр допускается изменять в пределах от 0 до +50 °С.

Работа двухдиапазонного и ПИД – регулятора описаны в п.3.2.5 и п.3.2.6.

### 7.2.5 Настройка ПИД-регулятора

#### 7.2.5.1 Общие принципы.

Работа ПИД-регулятора описана в п.3.2.6.

Для настройки ПИД-регулятора необходимо выполнить следующие действия.

1. Задать уставку регулятора **SP1** (**SP2**, **SP3**, **SP4**).

2. Установить параметры ШИМ регулирования:

**t** – период следования импульсов **Tсл**;

**L** – минимальная длительность импульса.

### 3. Установить параметры ПИД регулирования:

- $P$  – полоса пропорциональности регулятора  $X_p$ ;
- $I$  – постоянная времени интегрирования  $t_i$ ;
- $D$  – постоянная времени дифференцирования  $t_d$ .

Значение параметра  $t_1$  ( $t_2$ ,  $t_3$ ,  $t_4$ ) устанавливается в секундах от 60 до 999.

Значение параметра  $L_1$  ( $L_2$ ,  $L_3$ ,  $L_4$ ) устанавливается в секундах от 1 до 999.

Значение параметра  $P_1$  ( $P_2$ ,  $P_3$ ,  $P_4$ ) устанавливается в °C от 1 до 999.

Значение параметра  $I_1$  ( $I_2$ ,  $I_3$ ,  $I_4$ ) устанавливается в минутах от 0 до 999.

При  $I = 0$  прибор работает как ПД-регулятор.

Значение параметра  $D_1$  ( $D_2$ ,  $D_3$ ,  $D_4$ ) устанавливается в минутах от 0 до 999.

При  $D = 0$  прибор работает как ПИ-регулятор.

При  $I = 0$  и  $D = 0$  прибор работает как П-регулятор.

Учитывая, что в каждой конкретной системе существуют еще и непериодические внешние воздействия различного характера, все коэффициенты в приведенных формулах могут меняться для получения оптимального поведения системы в конкретных условиях. Параметры, подобранные для наилучшего поддержания температуры в установившемся режиме, могут оказаться совершенно неприемлемыми для подавления переходного процесса при внешнем воздействии или при выходе на режим. Равно как и наоборот. Кроме того, в процессе работы характеристики объекта регулирования могут значительно меняться, как при изменении режимов работы, так и со временем.



Обычно вычисленные значения требуют многократной корректировки и подбора, а изменение одного параметра влечет за собой необходимость корректировки остальных.

#### 7.2.5.2 Автоматическая настройка ПИД-регулятора.


Режим “Автонастройка ПИД” предназначен для автоматического определения начальных (приблизительных) значений коэффициентов ПИД  $t_i$ ,  $t_d$  и  $X_p$  при работе конкретной системы. Автонастройку рекомендуется проводить при пуске и наладке системы, а также при значительном изменении характеристик объекта (загрузки печи, объема нагреваемой жидкости, мощности нагревательного элемента и т.п.).

7.2.5.2.1 Войти в режим программирования (см. раздел 7.1.3).

7.2.5.2.2 Установить значение  $SP$  ( $T_{уст}$ ) равным уставке температуры, которую в дальнейшем будет поддерживать прибор. При необходимости, установить период следования импульсов ШИМ и минимальное время импульса ШИМ, параметры  $t_1$  и  $L_1$  соответственно. Заводские установки  $t_1 = 60$  сек.,  $L_1 = 1$  сек.

7.2.5.2.3 Установить значение параметра  $CH_1 = 3$  ( $CH_2$ ,  $CH_3$ ,  $CH_4$ ). После нажатия кнопки , на индикаторе отобразится мигающая надпись “ $PID$ ” с соответствующим индикатором номера настраиваемого канала в течении времени 10 сек (время может меняться в зависимости от установленного времени фильтра  $Ft_1$ ,  $Ft_2$ ,  $Ft_3$ ,  $Ft_4$ ). По окончании времени регулятор выдаст непрерывный максимальный выходной сигнал и на дисплее отобразится текущая температура с точкой в младшем разряде “xxx.”. В результате чего выходное реле нагрузки будет включено до тех пор, пока не будет достигнута величина температуры равная  $SP$  ( $T_{уст}$ ). После выключения реле нагрузки (стадия I, точка В на рисунке 7.1) некоторое время температура по инерции будет продолжать увеличиваться. Как только контролируемая температура опустится ниже  $SP$  ( $T_{уст}$ ), процесс автонастройки заканчивается (точка Г рисунок 7.1), на дисплее отображается непрерывная надпись “ $PID$ ”. ТР-101 вычисляет коэффициенты ПИД регулятора: полосу пропорциональности  $X_p$ , постоянную времени интегрирования  $t_i$ , постоянную времени дифференцирования  $t_d$ . После окончания автонастройки необходимо нажатием кнопки  перевести прибор в режим программирования, в котором можно посмотреть и скорректировать полученные значения коэффициентов.

Коэффициенты, полученные в результате “Автонастройки ПИД”, не являются оптимальными, а служат для предварительного анализа работы ПИД регулятора.

**ВНИМАНИЕ!** Для отмены запущенного режима автонастройки, необходимо в течение 7 секунд удерживать кнопку , в результате чего режим автонастройки будет отменен, а прибор войдет в режим программирования.

### 7.2.5.3 Ручная настройка ПИД регулятора

Приведенный ниже метод позволяет определить приблизительные параметры настройки регулятора.

7.2.5.3.1 Войти в режим программирования (см. раздел 7.1.3).

7.2.5.3.2 При необходимости, установить период следования импульсов ШИМ и минимальное время импульса ШИМ, параметры  $t_i$  и  $L_i$  соответственно. Заводские установки  $t_i = 60$  сек.,  $L_i = 1$  сек.

7.2.5.3.3 Установить значения  $\tau_i$  ( $\tau_i$ ),  $\tau_d$  ( $\tau_d$ ) и  $P$  ( $X_p$ ) равными 0. Установить значение  $SP$  ( $T_{уст}$ ) равным уставке температуры, которую в дальнейшем будет поддерживать прибор. После перехода в режим регулирования (по истечении 20 секунд прибор автоматически перейдет в режим регулирования) **выходное реле нагрузки будет включено до тех пор, пока не будет достигнута температура регулирования (уставка)  $T_{уст}$**  (стадия I, точка В на рисунке 7.1).

7.2.5.3.4 Измерить  $t_0$  – время от момента включения выходных реле до момента увеличения температуры на 10% от диапазона  $T_{уст} - T_{нач}$  (стадия I, точка А на рисунке 7.1).

7.2.5.2.5 Измерить  $t_1$  – время от момента увеличения температуры на 10% (точка А на рисунке 7.1) и до момента увеличения температуры на 63% от диапазона  $T_{уст} - T_{нач}$  (точка Б на рисунке 7.1).

7.2.6.3.6 Измерить максимальное значение перерегулирования между точками В и Г ( $E_{\max}$ , рисунок 7.1).

7.2.5.3.7 Установить значение  $X_p = 2 * E_{\max}$  (стадия II на рисунке 7.1). Убедиться, что при данном значении  $X_p$  не происходит достижения уставки  $T_{уст}$ . В противном случае необходимо увеличить значение  $X_p$ . Если при значении  $X_p = 2 * E_{\max}$  разница между установившейся температурой и уставкой слишком велика, то значение  $X_p$  следует уменьшить.

7.2.5.3.8 Установить значение  $\tau_i = 2,4 * t_1$ . Убедиться, что при заданном значении  $\tau_i$  не возникают колебания температуры вокруг уставки (стадия III). Для уменьшения колебаний необходимо увеличить значение  $\tau_i$ , для увеличения скорости выхода на уставку – уменьшить значение  $\tau_i$ .

7.2.5.3.9 Установить значение параметра  $\tau_d$  равным  $[0,1; 0,2; 0,3; 0,4] * t_0$ .

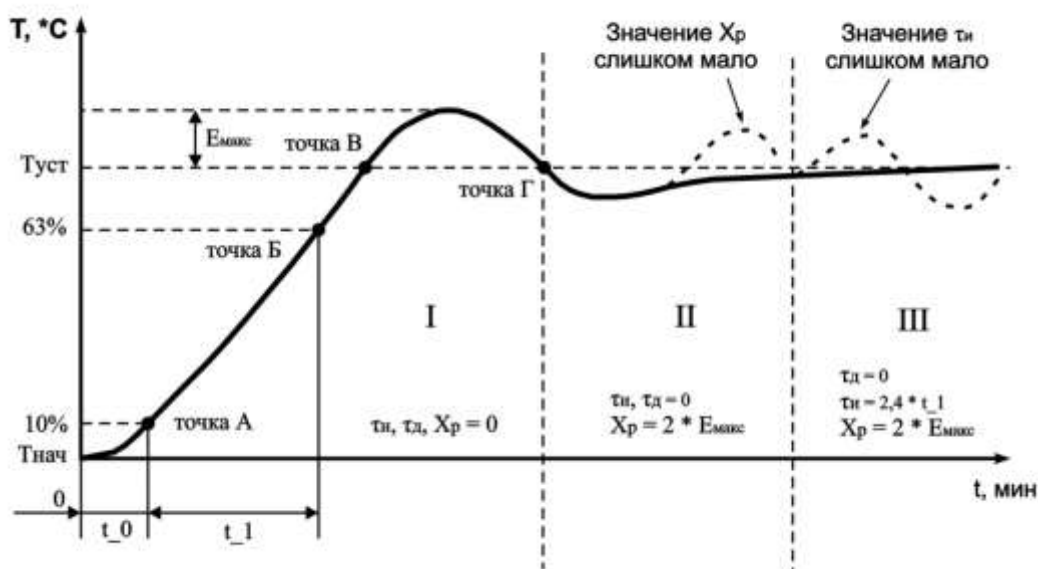


Рисунок 7.1 - Ручная настройка ПИД-регулятора

## 8 СРОК СЛУЖБЫ, ХРАНЕНИЯ И ГАРАНТИИ ИЗГОТОВИТЕЛЯ

Срок службы ТР-101 10 лет. По истечению срока службы обратиться к изготовителю.

Предприятие-изготовитель гарантирует безотказную работу ТР-101 в течение 36 месяцев со дня продажи, при условии:

- правильного подключения;
- правильной эксплуатации и хранения;
- целостности пломбы ОТК изготовителя;
- целостности корпуса, отсутствии следов вскрытия, трещин, сколов, прочее.

## **9 ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ**

Транспортирование ТР-101 в упаковке может производиться любым видом транспорта в соответствии с требованиями и правилами перевозки, действующими на данных видах транспорта.

При транспортировании, погрузке и хранении на складе ТР-101 должен оберегаться от ударов, толчков и воздействия влаги.

## ПРИЛОЖЕНИЕ А

### 1 ИНТЕРФЕЙС СВЯЗИ RS-485

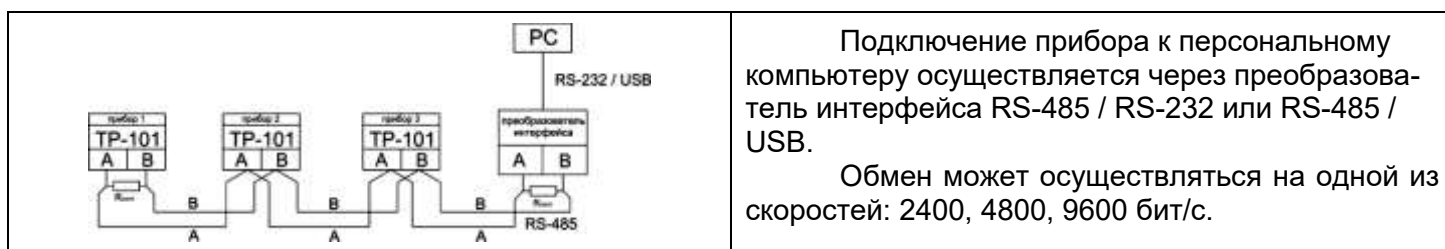
#### 1.1 ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ

Интерфейс связи предназначен для включения прибора TP-101 в сеть, организованную по стандарту RS-485 (EIA-485). Использование прибора в сети RS-485 позволяет осуществлять следующие функции:

- сбор данных в системе SCADA;
- программирование прибора с помощью ПК;
- удаленное управление выходными реле каналов.

RS-485 является широко распространенным в промышленности стандартом интерфейса, обеспечивает создание сетей с количеством узлов (точек) до 247 и передачу данных на расстояние до 1200 м. При использовании повторителей количество подключенных узлов и расстояние передачи может быть увеличено.

Все приборы в сети соединяются в последовательную шину (рисунок А1). Для качественной работы приемопередатчиков и предотвращения влияния помех, линия связи должна иметь на концах согласующие резисторы сопротивлением  $R_{\text{согл}} = 120 \text{ Ом}$ , подключаемые непосредственно к клеммам прибора (см. рисунок А1).



**Рисунок А1** - Подключение приборов в сеть RS-485.

#### 1.2 УДАЛЕННОЕ УПРАВЛЕНИЕ СИЛОВЫМИ РЕЛЕ

При установке параметра  $r_{5A} = 2$  (таблица 7.1) прибор переводится в режим удаленного управления силовыми реле. Регистры управления указаны в таблице А2.

Если канал работает с двухпозиционным регулированием, записав в регистры управления значения 0 или 1 можно включить или отключить соответствующие реле нагрузки.

Если канал работает с ПИД регулированием, записав в регистры управления значения 0 или 100 можно управлять мощностью нагрузки, подключенной к соответствующему реле (п.3.2.6.6).

После включения режима “Удаленного управления силовыми реле”, TP-101 продолжает работать в обычном режиме, исключением является то, что управление силовыми реле передается удаленному оператору.

#### 1.3 НАСТРОЙКА ОБМЕНА ДАННЫМИ ЧЕРЕЗ ИНТЕРФЕЙС RS-485.

Настройка обмена данными осуществляется параметрами:

- $r_{5A}$  – задает включение (отключение) RS-485 и режим удаленного управления контактами выходных реле;
- $r_{5n}$  – базовый адрес прибора (1 ... 247);
- $r_{5S}$  – скорость обмена данными в сети (2400, 4800, 9600 бит/с);
- $r_{5L}$  – время задержки ответа пакета 0 – 99,9мс.

Прибор TP-101 имеет также следующие фиксированные параметры обмена, не отображаемые на индикаторе: Количество стоп-бит – 2; Длина слова данных – 8; Контроль четности – нет.

**ВНИМАНИЕ!** Новые значения параметров обмена вступают в силу только после перезапуска прибора (после снятия и затем подачи питания) или перезапуска по RS-485.

#### 1.4 ОБМЕН ДАННЫМИ ПО ИНТЕРФЕЙСУ RS-485

1.4.1 Для работы по интерфейсу RS-485 следует выполнить соответствующие соединения (п. 1.1 Приложения А) и задать значения параметров сети (п. 1.3 Приложения А).

1.4.2 Для организации обмена данными в сети через интерфейс RS-485 необходим Мастер сети, основная функция которого – инициировать обмен данными между отправителем и получателем данных. В качестве Мастера сети можно использовать ПК с подключенным преобразователем

интерфейса. Прибор TP-101 может работать в режиме Slave по протоколу обмена данными: ModBus RTU.

1.4.3 ModBus – открытый сетевой протокол, разработанный фирмой Modicon. С описанием протокола можно ознакомиться на сайте [www.modbus-ida.org](http://www.modbus-ida.org).

Адреса регистров программируемых параметров приведены в таблице 7.1.

Перечень поддерживаемых функций (Modbus) приведены в таблице A1.

Дополнительные регистры и их назначение приведены в таблице A2.

**Таблица A1**

ФУНКЦИЯ (hex)		НАЗНАЧЕНИЕ	ПРИМЕЧАНИЕ
0x03		Получение текущего значения одного или нескольких регистров	Макс. 125
0x06		Запись одного значения в регистр	
0x08	0x00	Возврат данных запроса	Диагностика
	0x01	Рестарт опций связи	
	0x04	Установка режима “только слушать”	

**Таблица A2**

АДРЕС (dec)	НАИМЕНОВАНИЕ	НАЗНАЧЕНИЕ		ПРИМЕЧАНИЕ
0	Идентификатор устройства	MSB	TP-101 – 0x0002	ID
1		LSB	Прошивка – v52	Версия
2	Регистр состояния TP-101	bit 0	0 – нет аварии; 1 – авария (код в регистре аварии).	bit 5 – bit 15 зарезервированы
		bit 1	0 – реле канала1 отключено; 1 – реле канала1 включено.	
		bit 2	0 – реле канала2 отключено; 1 – реле канала2 включено.	
		bit 3	0 – реле канала3 отключено; 1 – реле канала3 включено.	
		bit 4	0 – реле канала4 отключено; 1 – реле канала4 включено.	
3	Регистр аварии	bit 0	0 – нет аварии; 1 – отказ EEPROM. $\overline{EEP}$	bit 10 – bit 15 зарезервированы
		bit 1	0 – нет аварии; 1 – ошибка параметра $\overline{EP}$ .	
		bit 2	0 – нет аварии; 1 – замыкание датчика 1 $\overline{CC}$	
		bit 3	0 – нет аварии; 1 – замыкание датчика 2 $\overline{CC}$	
		bit 4	0 – нет аварии; 1 – замыкание датчика 3 $\overline{CC}$	
		bit 5	0 – нет аварии; 1 – замыкание датчика 4 $\overline{CC}$	
		bit 6	0 – нет аварии; 1 – обрыв датчика 1 $\overline{OC}$	
		bit 7	0 – нет аварии; 1 – обрыв датчика 2 $\overline{OC}$	
		bit 8	0 – нет аварии; 1 – обрыв датчика 3 $\overline{OC}$	
		Bit 9	0 – нет аварии; 1 – обрыв датчика 4 $\overline{OC}$	
4	Температура датчика 1			
5	Температура датчика 2			
6	Температура датчика 3			
7	Температура датчика 4			
		при $\overline{CH}$ = 1      при $\overline{CH}$ = 2 (ПИД)		

АДРЕС (dec)	НАИМЕНОВАНИЕ	НАЗНАЧЕНИЕ		ПРИМЕЧАНИЕ
8	Регистр управления реле 1	0 – реле отключено; 1 – реле включено;	0 – мощность 0%; 100 – мощность 100%;	канал 1
9	Регистр управления реле 2	0 – реле отключено; 1 – реле включено;	0 – мощность 0%; 100 – мощность 100%;	канал 2
10	Регистр управления реле 3	0 – реле отключено; 1 – реле включено;	0 – мощность 0%; 100 – мощность 100%;	канал 3
11	Регистр управления реле 4	0 – реле отключено; 1 – реле включено;	0 – мощность 0%; 100 – мощность 100%;	канал 4
12-20		Регистры с 12 по 20 зарезервированы.		всегда равны 0

## ПРИЛОЖЕНИЕ Б

### 1. ЮСТИРОВКА ПРИБОРА

#### 1.1 ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ

Юстировка должна производиться только квалифицированными специалистами метрологических служб при увеличении погрешности измерения входных параметров сверх установленных значений.

Перед юстировкой необходимо проверить заданное значение параметра **SH1 (SH2, SH3, SH4)** "сдвига характеристики" и установить его равным 0.

#### 1.2 ЮСТИРОВКА TP-101

1.2.1 Подключить к входу прибора вместо датчика магазин сопротивлений с классом точности не хуже 0,05 (например МСР-63) по трехпроводной линии (рисунок Б.1). Сопротивления проводов в линии должны быть равны друг другу и каждое не должно превышать величины 15 Ом. Установить на магазине сопротивлений:

R=50,00 при использовании датчиков типа Pt50, Cu50;

R=100,00 при использовании датчиков типа Pt100, Cu100, Ni100;

R=120,00 при использовании датчиков типа Ni120;

R=500,00 при использовании датчиков типа Pt500, Ni500;

R=1000,00 при использовании датчиков типа Pt1000, Ni1000;

R=807,00 при использовании датчика типа PTC1000 (EKS111).

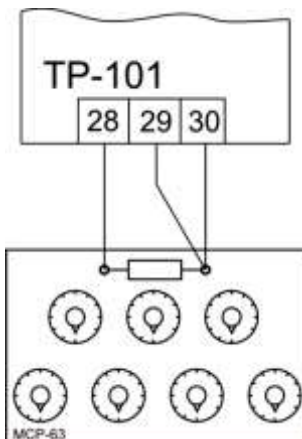


Рисунок Б.1

1.2.2 Подать питание на TP-101. Через 20-30 секунд произвести юстировку прибора. Убедиться, что значение температуры, соответствующее сопротивлению 50, 100, 120, 500, 807, 1000 (в зависимости от типа используемого датчика), равно 0 °С. Предел допустимой абсолютной погрешности  $\pm 1$  °С.

1.2.3 Установить значение параметра **SH1 (SH2, SH3, SH4)**, равное по величине отклонению температуры, но взятое с противоположным знаком. Проверить правильность заданного значения, для чего, не изменяя значения сопротивления на магазине, дождаться пока прибор перейдет в режим измерения температуры и убедиться, что при этом его показания равны  $0 \pm 1$  °С.