



**ИЗМЕРИТЕЛЬ-РЕГУЛЯТОР ТЕМПЕРАТУРЫ
ТР444-С1/С1-Р1(0001)**

Руководство по эксплуатации

© 2016 Измерительные технологии

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1. НАЗНАЧЕНИЕ	6
2. ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ	7
3. ИНСТРУКЦИЯ ПО РАБОТЕ С ИЗМЕРИТЕЛЕМ РЕГУЛЯТОРОМ	10
3.1 ОПИСАНИЕ ОРГАНОВ УПРАВЛЕНИЯ И РАЗЪЕМОВ ПРИБОРА	10
3.2 ПОДГОТОВКА ПРИБОРА К РАБОТЕ.....	13
3.2.1 <i>Монтаж прибора на объекте</i>	13
3.2.2 <i>Подключение к питающей сети</i>	15
3.2.3 <i>Подключение датчиков к измерительному входу</i>	16
3.2.3.1 Подключение термопар	16
3.2.4 <i>Выходные устройства</i>	17
3.2.4.1 Симисторная оптопара.....	17
3.2.4.2 Электромеханическое реле.....	19
3.2.5 <i>Подключение устройств к дискретному входу</i>	20
3.3 УПРАВЛЕНИЕ ПРИБОРОМ	23
3.4 НАЧАЛЬНАЯ НАСТРОЙКА ПРИБОРА.....	24
3.5 ПАРАМЕТРЫ ПРИБОРА	25

3.6	ЗАДАНИЕ РЕЖИМОВ РАБОТЫ	31
3.6.1	<i>Выбор типа входного сигнала</i>	<i>31</i>
3.6.2	<i>Режим двухпозиционного регулятора</i>	<i>33</i>
3.6.3	<i>Режим стандартного ПИД-регулятора.....</i>	<i>34</i>
3.6.4	<i>Работа прибора в режиме программного управления</i>	<i>35</i>
3.6.5	<i>Автоматическая настройка коэффициентов ПИД-регулятора.....</i>	<i>38</i>
3.6.6	<i>Задание режимов работы аварийного компаратора.....</i>	<i>40</i>
3.6.7	<i>Запуск и остановка процесса регулирования.....</i>	<i>41</i>
3.6.8	<i>Загрузка заводских установок.....</i>	<i>42</i>
3.7	ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ ПИД-РЕГУЛЯТОРА	42
3.8	ПРОЦЕДУРА РУЧНОЙ НАСТРОЙКИ КОЭФФИЦИЕНТОВ ПИД-РЕГУЛЯТОРА.....	45
4.	ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ.....	51
5.	МАРКИРОВКА.....	51
6.	УПАКОВКА.....	52
7.	ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ И ХРАНЕНИЕ	52
8.	ГАРАНТИЙНЫЕ ОБЯЗАТЕЛЬСТВА	53

Введение

Настоящее Руководство по эксплуатации предназначено для ознакомления обслуживающего персонала с устройством, принципом действия, конструкцией, технической эксплуатацией и обслуживанием микропроцессорных измерителей-регуляторов ТР444-С1/С1-Р1(0001) (в дальнейшем по тексту именуемых “прибор”).

Коды варианта исполнения расшифровываются следующим образом:

тип прибора:

ТР444 – одноканальный измеритель-регулятор, поддерживающий следующие типы входных датчиков или сигналов:

термоэлектрические преобразователи (термопары) по ГОСТ Р 8.585-2001:

- ТХА - термопара ТХА(К) (хромель/алюмель)
- ТХК - термопара ТХК(L) (хромель/копель)
- ТЖК – термопара ТЖК(J) (железо/константан)
- ТМК – термопара ТМК(T) (медь/копель)
- ТХКн – термопара ТХКн(E) (хромель/константан)
- ТНН – термопара ТНН(N) (нихросил/нисил)
- ТПП – термопара ТПП(R) (Платина – 13% родий/платина)
- ТПП – термопара ТПП(S) (Платина – 10% родий/платина)
- ТПР – термопара ТПР(B) (Платина – 30% родий/платина – 6% родий)
- ТВР – термопара ТВР(A-1) (Вольфрам - рений/вольфрам – рений)
- ТВР – термопара ТВР(A-2) (Вольфрам - рений/вольфрам – рений)
- ТВР – термопара ТВР(A-3) (Вольфрам - рений/вольфрам – рений)

тип выходного устройства (указывается через косую черту – сначала тип основного выходного устройства, а потом дополнительного):

C1 – симисторная оптопара (600 В пикового значения переменного тока 50 Гц, 100мА)

Условное обозначение измерителей при заказе должно содержать наименование и код условного обозначения, например: «Измеритель-регулятор одноканальный ТР444-C1/C1-P1».

1. Назначение

Измеритель-регулятор предназначен для измерения, а также точного поддержания значения измеряемой величины по заданному пользователем алгоритму.

Особенности ТР444

- универсальный вход
- возможность работы прибора по задаваемому во времени закону (работа по программе регулирования)
- встроенный датчик холодных спаев
- ПИД алгоритм управления
- автонастройка ПИД коэффициентов
- двухпозиционное релейное управление.
- цифровая линейаризация характеристик подключаемых датчиков температуры
- гальваническое разделение силовых цепей электронагревателя и измерителя-регулятора
- дополнительный выход релейного управления
- высокая помехозащищенность по цепям питания

2. Технические характеристики

Требования к источнику питания

- напряжение питания: 90...245 В
- частота питающего напряжения 43...70 Гц
- потребляемая мощность (не более): 5 Вт
- *по требованию Заказчика возможно изготовление приборов с диапазоном напряжения питания от 9 до 40 В постоянного тока или от 7 до 30 В, 50 Гц переменного тока*

Условия эксплуатации

- температура окружающего воздуха: +5...+40 °С
- относительная влажность воздуха (при температуре 30 °С): до 95%
- атмосферное давление: 84...106.7 кПа

Входной канал

- класс точности термoeлектрические преобразователи: 0.5/0.1
- входное сопротивление прибора, не менее 1 Мом
- время опроса входного канала, не более 1.5 с
- диапазон измерения температуры ТЖК (J): -200...+1200 °С

ТХА (К):	-200...+1360 °C
ТХК (L):	-150...+800 °C
ТМК (Т):	-200...+400 °C
ТХК _H (E):	-200...+1000 °C
ТНН (N):	-200...+1280 °C
ТПП (R), ТПП (S):	-50...+1720 °C
ТПР (B):	+200...+1800 °C
ТВР (A-1):	0...+2480 °C
ТВР (A-2), ТВР (A-3):	0...+1800 °C

Выходные устройства ключевого типа

- максимальный коммутируемый ток
симисторная оптопара (С1): 100 мА
электромеханическое реле (Р1): 8 А ($\cos \varphi = 0.4$)
- максимальное коммутируемое напряжение
симисторная оптопара (С1): 600 В пикового значения, 50 Гц
электромеханическое реле (Р1): 250 В, 50 Гц

Габаритные размеры ТР444 (с учетом разъемов)

- ширина: 96 мм
- высота: 48 мм
- длина: 105 мм

3. Инструкция по работе с измерителем регулятором

3.1 Описание органов управления и разъемов прибора

Внешний вид лицевой панели прибора TP444 представлен на Рис. 1. Два семисегментных четырехразрядных индикатора PV и SV предназначены для отображения параметров устройства. На индикаторе PV отображается измеряемая величина в режиме измерения или название параметра или группы меню в режиме установки параметров. Изменяемый параметр отображается в режиме его просмотра или изменения на индикаторе SV, на нем же выводится уставка в режиме измерения и регулировки.

Для задания режимов работы используется трехкнопочная многофункциональная клавиатура. Отображение типов режимов работы осуществляется четырьмя зелеными светодиодами, которые обозначены как K1, K2, AL и RS (Рис. 1).

Назначение светодиодов:

K1 – отображает состояние основного выходного устройства

K2 – отображает состояние дополнительного выходного устройства (аварийный компаратор)

AL – загорается при возникновении аварийной ситуации

RS – отображает состояние регулятора, если включен, то прибор осуществляет процесс регулирования, если нет, то процесс регулирования остановлен и коммутация выходных устройств не осуществляется.



Рис. 1. Внешний вид лицевой панели прибора TP444

Схематично вид задней панели прибора типа TP444 представлен на Рис. 2.

Ряд клеммных колодок предназначен для подключения источников сигналов, цепей управления нагревательными элементами, внешнего ключа или управляющего сигнала и питающей сети.



Рис. 2. Расположение контактов на задней панели прибора TP444

Прибор может находиться в состоянии измерения и регулировки, в режиме измерения и ожидания запуска регулировки, в режиме установки параметров его работы или в режиме автонастройки.

Режим измерения и регулировки – является основным рабочим режимом прибора, в котором осуществляется поддержание заданного пользователем значения измеряемой величины. В режиме измерения и ожидания запуска регулировки осуществляется только измерение и индикация контролируемого параметра. В режиме редактирования параметров работы осуществляется ввод уставок, а также ввод многих других параметров задающих режим работы прибора. В режиме автонастройки осуществляется подача тестового управляющего сигнала на объект и расчет значений ПИД коэффициентов.

3.2 Подготовка прибора к работе

3.2.1 Монтаж прибора на объекте

Прибор предназначен для установки в щит. Внешний вид и габаритные размеры корпуса прибора представлены на Рис. 3. Перед установкой прибора необходимо проверить состояние его корпуса. Корпус не должен иметь механических повреждений.

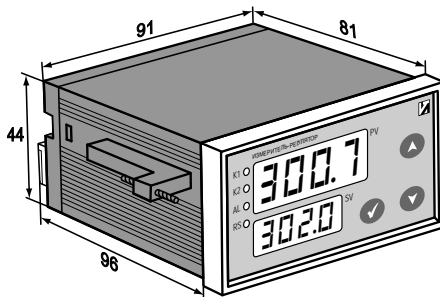


Рис. 3. Габаритные размеры прибора TP440

Выполнить на щите управления вырез для установки прибора в соответствии с чертежами на Рис. 4. Толщина щита должна быть не более 6 мм. Если в один щит необходимо установить несколько приборов, то необходимо придерживаться размеров на Рис. 4.

В вырез на щите вставить прибор, если необходимо обеспечить герметизацию щита в месте установки прибора, то рекомендуется использовать герметик. Затем зафиксировать корпус прибора при помощи держателей, входящих в комплект поставки прибора.

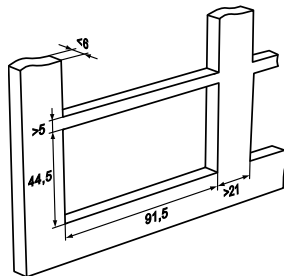


Рис. 4. Размеры посадочного отверстия прибора TP440

Внимание! Все работы по подключению и демонтажу соединений необходимо выполнять при выключенном питании, как самого прибора, так и подсоединенных к нему нагревательных элементов и других устройств.

Внимание! Во избежание выхода из строя измерительной схемы прибора подключение термопары и терморезистора к прибору необходимо выполнять в последнюю очередь, после их монтажа на объекте. Спай термопары и чувствительный элемент терморезистора должен быть электрически изолирован от объекта, так как подключаемая термопара или терморезистор непосредственно связаны с измерительной частью прибора.

3.2.2 Подключение к питающей сети

К клеммной колодке с обозначением **~220В** подключается питающее напряжение сети переменного тока с частотой 50 Гц и напряжением 220 В. При подключении приборов к сети постоянного тока полярность подключения не имеет значения. Питающее напряжение подводится к контактам 1 и 2 (Рис. 2) Прибор рекомендуется подключать к фидеру, не связанному с питанием мощного силового оборудования. Если технически это требование невыполнимо, то желательно установить фильтр сетевых помех в линиях питания прибора. Но в большинстве случаев установка сетевого фильтра может не потребоваться, так как он уже установлен в приборе, и его помехоподавления будет достаточно.

Во внешней цепи также рекомендуется установить плавкие предохранители на ток 0.5 А для исполнений приборов с напряжением питания 90...245 В и на ток 2А для исполнений с напряжением питания от 9 до 40 В постоянного или от 7 до 30 В переменного.

3.2.3 Подключение датчиков к измерительному входу

При подсоединении датчиков к измерительному входу прибора с целью уменьшения влияния электромагнитных помех следует прокладывать сигнальные линии, соединяющие датчик с прибором в виде отдельной трассы, которую следует расположить отдельно от силовых кабелей, а также от проводников, создающих высокочастотные и импульсные помехи. Также рекомендуется произвести экранирование сигнальных линий. Экран необходимо подсоединить к корпусу шкафа, который должен быть надежно заземлен.

Измерительный вход прибора является универсальным и к нему можно подключать любой из перечисленных выше датчиков или унифицированных сигналов напряжения и тока. Тип датчика или сигнала задается параметром $\bar{I} n - k$ в группе $Ad \bar{I}$.

3.2.3.1 Подключение термопар

Термопара подключается к контактам **H+** и **H-** (Рис. 5). Для ее подключения необходимо использовать термоэлектродные (компенсационные) провода. При подключении термопары необходимо соблюдать полярность. В случае неправильного подключения термопары прибор не выйдет из строя, но при этом его показания будут недостоверны.

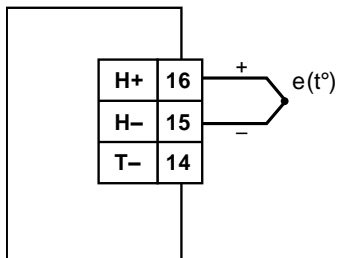


Рис. 5. Подключение термопары

3.2.4 Выходные устройства

3.2.4.1 Симисторная оптопара

Симисторная оптопара с контролем перехода фазы через ноль применяется, как правило, для управления более мощным симистором или тиристором. Типовая схема включения тиристора представлена на Рис. 6, а симистора на Рис. 7. Величина резистора R2 определяет ток управления симистора. К выходам тиристора или симистора рекомендуется подключать RC цепочку для предотвращения их пробоя из-за высоковольтных скачков напряжения.

Симистор или тиристор в комплект поставки терморегулятора не входит и должен быть выбран пользователем в соответствии с мощностью используемой нагрузки.

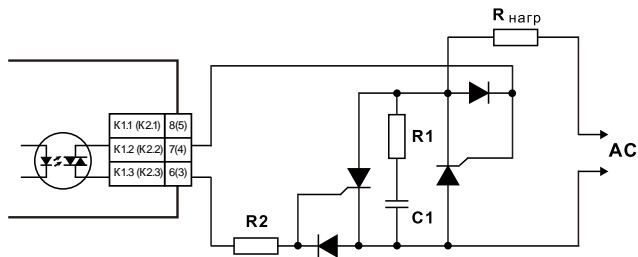


Рис. 6. Подключение тиристоров к прибору TR440

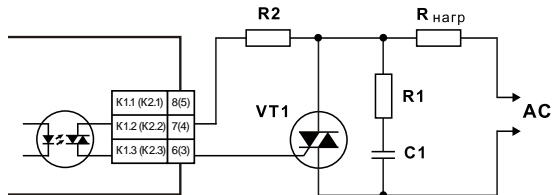


Рис. 7. Подключение симистора к прибору TP440

3.2.4.2 Электромеханическое реле

Электромеханическое реле применяется для коммутации разнообразных устройств, как переменного, так и постоянного тока (Рис. 8).

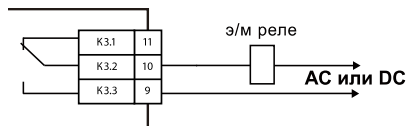


Рис. 8. Подключение нагрузки к выходу типа электро-механическое реле для прибора TP444

3.2.5 Подключение устройств к дискретному входу

К дискретному входу прибора могут быть подключены (Рис. 9):

- кнопки, выключатели, герконы, контакты реле, а также любые другие подобные устройства
- активные датчики с выходом типа открытый коллектор на транзисторе *n-p-n*-типа
- активные датчики с выходным напряжением низкого уровня (0...0.8)В и высокого уровня (2.4...40)В.

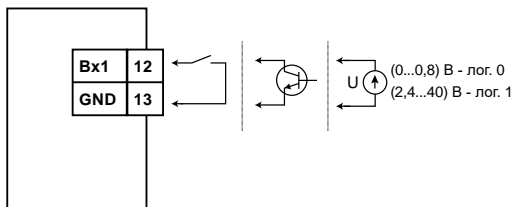


Рис. 9 Подключение устройств к дискретному входу

При подсоединении устройств к дискретному входу прибора соединительную линию следует расположить отдельно от проводников, создающих высокочастотные и импульсные помехи.

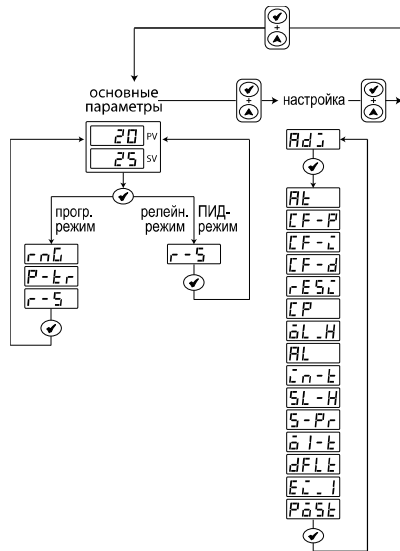







Рис. 10. Структура меню







3.3 Управление прибором








Измерители-регулятор TP444 имеет развитую структуру пользовательского меню (Рис. 10).



Параметры объединены в группы, которые имеют названия. Всего выделено две группы: основные параметры и параметры настройки (Ад.).

После подачи питания прибор переходит в режим измерения и индикации, на индикаторе PV отображается значение параметра. Значение уставки отображается на индикаторе SV.

Для изменения значения уставки необходимо нажать кнопку  или  после этого значение уставки начнет мигать. Последующие нажатия кнопки  или  будут приводить к увеличению или уменьшению значения уставки, соответственно. Выход из режима редактирования значения уставки осуществляется нажатием на кнопку . При этом значение уставки запоминается в энергонезависимой памяти прибора.

Переключение между названиями групп параметров осуществляется одновременным нажатием кнопок  и  (сначала следует нажать кнопку , а затем, удерживая ее, кнопку ). Перебор названий групп параметров осуществляется циклически, причем при этом кнопку  можно держать нажатой постоянно, а переключение между группами будет осуществляться при нажатиях на кнопку .

Доступ к параметрам выбранной группы осуществляется нажатием на кнопку , при этом на индикаторе PV будет отображаться название параметра, а на индикаторе SV его значение. Переключение между параметрами выбранной группы осуществляется также нажатиями кнопки , перебор параметров осуществляется циклически. Для редактирования значения параметра следует нажать кнопку  или  при этом значение параметра будет мигать. Кнопками  и  осуществляется изменение значения параметра. Выход из режима редактирования значения параметра осуществляется нажатием на кнопку . При этом значение параметра запоминается в энергонезависимой памяти прибора.

Чтобы моментально перейти из режима просмотра параметров в режим просмотра названия группы параметров, то следует одновременно нажать кнопку  и . Если нажать эту комбинацию находясь в режиме просмотра названий групп параметров, то будет осуществлен мгновенный переход в режим отображения измеряемой величины.

В режиме ввода уставок продолжается регулирование и выдается ШИМ-сигнал на выходы твердотельных реле.

3.4 Начальная настройка прибора


После монтажа прибора на объекте необходимо настроить параметры работы прибора. Можно придерживаться следующей последовательности действий:

1. Выбрать тип входного датчика в соответствии с разделом 3.6.1.

2. Задать режим работы регулятора. В разделах 3.6.2 и 3.6.3 и подробно описаны все режимы работы регулятора.
3. Если выбран режим ПИД-регулятора, то необходимо настроить коэффициенты ПИД-регулятора. Это можно сделать, используя функцию автоматической настройки (раздел 3.6.5) или вручную в соответствии с рекомендациями главы 3.8.
4. Задать значение уставки. Если используется режим работы по программе, то необходимо задать значение уставки для каждого участка программы (раздел 3.6.4).

Приведенная последовательность действий является базовой при настройке прибора. После ее выполнения прибор уже будет измерять и поддерживать величину заданную значением уставки. Тем не менее в приборе предусмотрены различные дополнительные функции, которые также нуждаются в настройке, если они необходимы. Их описание представлено в главе 3.6.

3.5 *Параметры прибора*

После подачи питания прибор попадает в группу основных параметров и через несколько секунд переходит в режим измерения и регулировки. Доступ к основным параметрам осуществляется нажатием на кнопку .

Список параметров основного меню может изменяться в зависимости от типа режима регулирования прибора по основному каналу. Если в приборе выбран режим работы по программе, то список основных параметров будет в соответствии Табл. 2. Во всех других случаях список будет в соответствии с Табл. 1.

Список параметров прибора приведен в Табл. 3.

Если параметр имеет символьное значение, то соответствующее ему числовое значение, которым символьное значение представляется в памяти прибора, указано в скобках после его символьного значения. Эти значения необходимо знать в случае работы с интерфейсом прибора.

Табл. 1. Основные параметры

Параметр	Возможные значения параметра	Заводская установка
Остановка/запуск регулирования (r - 5)	r Un – процесс регулирования включен 5t ãP – процесс регулирования выключен	5t ãP

Табл. 2. Основные параметры

Параметр	Возможные значения параметра	Заводская установка
Номер участка программы регулирования ($r_{пд}$)	от 1 до 10	1
Продолжительность участка программы ($P_{\text{кр}}$)	от 00.00 до 99.99 (в формате ЧЧ:ММ), а также параметр может принимать значения: $[\text{дл}]$ – после выполнения программы прибор продолжает поддерживать заданное значение измеряемой величины $[\text{цкл}]$ – циклическое выполнение программы $5\text{т} \text{д} P$ – после выполнения программы процесс регулирования прекращается	$5\text{т} \text{д} P$
Остановка/запуск регулирования ($r - 5$)	$r_{\text{вкл}}$ – процесс регулирования включен $5\text{т} \text{д} P$ – процесс регулирования выключен	$5\text{т} \text{д} P$

Табл. 3. Параметры настройки

Параметр	Диапазон изменения	Заводская установка
Автонастройка коэффициентов ПИД-регулятора (AE)	AE – автонастройка включена AE – автонастройка отключена	AE
Полоса пропорциональности ПИД-регулятора ($EF - P$)	от 1 до 9999 с учетом положения десятичной точки	10
Интегральная постоянная ПИД-регулятора ($EF - I$)	от 0 до 9999 секунд 0 – интегральная составляющая ПИД-регулятора отключена	0
Дифференциальная постоянная ПИД-регулятора ($EF - d$)	от 0 до 9999 секунд 0 – дифференциальная составляющая ПИД-регулятора отключена	0
Сброс интеграла (EE)	от 0 до 9999	0
Период сигнала управления ПИД-регулятора для основного выходного устройства (EP)	от 1 до 120 секунд	4

Максимальная выходная мощность ПИД-регулятора ($\bar{\Delta}L - H$)	от 0% до 100%	100
Порог срабатывания сигнала аварии (RL)	от -999 до 9999 с учетом положения десятичной точки	100
Тип сигнала ($\bar{L}n - E$)	В соответствии с Табл. 4	1
Верхняя граница задания уставки ($SL - H$)	От 0 до 9999 с учетом положения десятичной точки	1250
Работа по программе ($S - Pr$)	$SEnd$ – прибор выходит на заданную уставку и поддерживает ее значение PrE – работа по заданной термической программе	PrE
Режим работы основного выходного устройства ($\bar{\Delta}I - E$)	$Pd - S$ – стандартный ПИД-регулятор $rL - S$ – двухпозиционный релейный регулятор	$Pd - S$
Установка параметров по умолчанию ($dFL E$)	$L \bar{\Delta}Pd$ – установить значения параметров по умолчанию $n \bar{\Delta}nE$ – не устанавливать значения параметров по умолчанию	$L \bar{\Delta}Pd$

<p>Функция ключа на дискретном входе ($E_{\bar{L}} - I$)</p>	<p>$n\bar{a}nE$ – дополнительный вход не задействован $n - \bar{a}$ – запуск при размыкании ключа $n - E$ – запуск при замыкании ключа $Pn - \bar{a}$ – поочередный запуск или остановка при нажатиях нормально-замкнутого ключа $Pn - E$ – поочередный запуск или остановка при нажатиях нормально-разомкнутого ключа</p>	<p>$n\bar{a}nE$</p>
<p>Состояние регулятора при подаче питания ($P\bar{a}5t$)</p>	<p>$\bar{n}E\bar{n}$ – такое же как и до выключения питания rUn – процесс регулирования запущен после подачи питания $5t\bar{a}P$ – процесс регулирования остановлен после подачи питания</p>	<p>$5t\bar{a}P$</p>

3.6 Задание режимов работы

3.6.1 Выбор типа входного сигнала

Прибор поддерживает несколько типов термопар. Параметру $\bar{L}n - E$ в группе инициализация необходимо присвоить код, соответствующий типу датчика, с которым будет работать прибор. Соответствие кодов и типов датчиков представлены в Табл. 4 для термопар.

Табл. 4. Коды для термопар

Код термопары	Тип термопары	
0000	Железо/Константан	ТЖК (J)
0001	Хромель/Алюмель	ТХА (K)
0002	Хромель/Копель	ТХК (L)
0003	Медь/Копель	ТМК (T)
0004	Хромель/Константан	ТХКн (E)
0005	Нихросил/Нисил	ТНН (N)
0010	Платина-Родий(13%)/Платина	ТПП (R)
0011	Платина-Родий(10%)/Платина	ТПП (S)

00 12	Платина-Родий(30%)/Платина(6%)-Родий	ТПР (В)
00 13	Вольфрам-Рений/Вольфрам-Рений	ТВР (А-1)
00 14	Вольфрам-Рений/Вольфрам-Рений	ТВР (А-2)
00 15	Вольфрам-Рений/Вольфрам-Рений	ТВР (А-3)

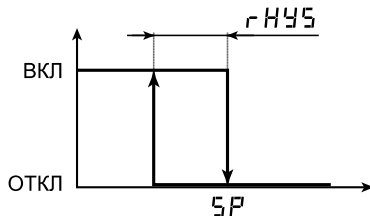
3.6.2 Режим двухпозиционного регулятора

Основной канал прибора может быть настроен на работу в режиме двухпозиционного регулятора. Работа в этом режиме возможна, если только выходное устройство основного канала ключевого типа. В случае аналогового устройства данный режим недоступен.

Параметр $\bar{a} \text{ I-E}$ необходимо установить в значение $rL - S$ для задания режима двухпозиционного регулятора по основному каналу. Параметру $S - Pr$ следует установить значение $S \text{ End}$. Тип логики работы двухпозиционного регулятора соответствует обратному управлению, которая используется для управления работой нагревателя. Значение уставки регулируемой величины задается значением параметра SP , причем диапазон изменения параметра SP ограничивается снизу значением 0, а сверху $SL - H$.

Алгоритм работы выходного устройства определяется соотношением текущего значения измеряемой величины $T_{\text{тек}}$, значения уставки SP и гистерезиса $rHYS$ (Рис. 11). Значение гистерезиса задано величиной 2°C :

- обратное управление. Применяется для управления работой нагревателя или сигнализации о том, что текущее значение измеряемой величины $T_{\text{тек}}$ меньше уставки SP . При этом выходное устройство первоначально включается при значениях $T_{\text{тек}} < SP$, выключается при $T_{\text{тек}} > SP - rHYS$ и вновь включается при $T_{\text{тек}} < SP$.



Обратное управление

Рис. 11. Типы логики релейного управления

3.6.3 Режим стандартного ПИД-регулятора

Для задания этого режима работы для основного канала управления необходимо установить значение $Pd-5$ в параметре $\bar{a} l-k$, а в параметре $5-P$ значение $5knd$. Работа в режиме ПИД-регулятора осуществляется по ПИД-закону (см. п. 3.7), с учетом заданных или подобранных в процессе автонастройки ПИД-коэффициентов, которые задаются значениями параметров $[F-P]$, $[F-\bar{z}]$ и $[F-d]$. Эти значения могут быть подобраны вручную, в соответствии с рекомендациями в п. 3.8, или в процессе автоматической настройки. Для улучшения качества регулирования можно задать ненулевое значение параметру $r E 5-\bar{z}$.

Значение уставки регулируемой величины задается значением параметра S^P . Диапазон изменения параметра S^P ограничивается снизу значением параметра \bar{S} , а сверху $S^L - H$.

ПИД-регулятор работает в режиме обратного управления. Обратное управление применяется для управления работой нагревателя (значение выходного сигнала регулятора уменьшается с увеличением измеряемой величины).

Значение параметра τ^P задает период ШИМ-сигнала управления для выходного устройства ключевого типа.

Ограничение максимального значения сигнала управления задается в процентах. За 100% принимается постоянное воздействие. Ограничение максимального значения выходного сигнала задается величиной $\bar{\alpha}L - H$.

3.6.4 Работа прибора в режиме программного управления

В программном режиме работа измерителя-регулятора осуществляется по программе заданной оператором. Для перехода в этот режим необходимо параметру $S - P_r$ установить значение $P_r \bar{G}$.

Для подготовки программы рекомендуется разбить график технологического процесса на участки, в пределах каждого из которых уставка меняется по линейному закону (возрастает, убывает, остается неизменной, либо меняется скачком). Пример такого графика приведен на Рис. 12.

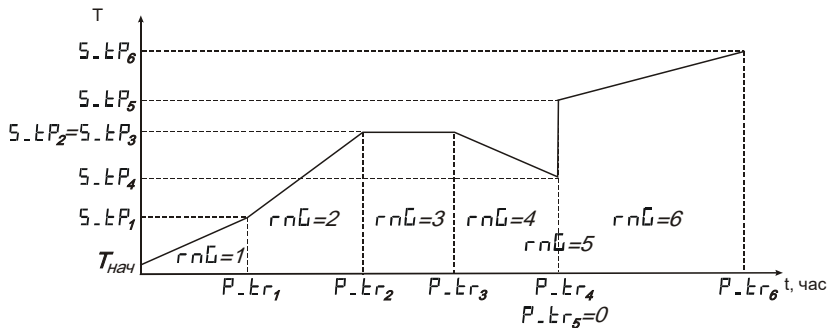


Рис. 12. График технологического процесса для задания программы регулирования

Для задания и запуска программы необходимо:

1. Остановить процесс регулирования задав параметру r - S значение $S.tP$, либо подав соответствующий сигнал на дискретный вход прибора
2. Выбрать программный режим работы задав параметру $S - Pr$ значение $PrГ$

3. Задать значения параметров «Уставка» (SV) и $P_{-}t_r$ для каждого шага программы задаваемого параметром $r_n \bar{L}$, где «Уставка» - значение величины, которое надо достичь в конце шага, $P_{-}t_r$ – длительность шага в часах:минутах (от 00.00 до 99.59)
4. Запустить процесс регулирования. Прибор начнет работать в соответствии с заданной программой.

Задание скачкообразного изменения уставки достигается установкой в нулевое значение параметра $P_{-}t_r$.

Пользователь имеет возможность на последнем шаге установить значение параметра $P_{-}t_r$ в значение $\bar{L} \bar{a} n \bar{L}$. В этом случае, выход к значению регулируемой величины заданному параметром «Уставка», будет производиться без контроля времени, а по завершении выхода будет поддерживаться указанное значение.

Пользователь имеет возможность на последнем шаге установить значение параметра $P_{-}t_r$ в значение $\bar{L} \bar{L} \bar{L} \bar{L}$. В этом случае, шаг, в котором записано это значение, выполняться не будет, а регулятор перейдет на первый шаг программы, осуществляя тем самым, её циклическое выполнение.

Если шаг, следующий за последним, подлежащим исполнению шагом, содержит в параметре $P_{-}t_r$ значение $5 \bar{L} \bar{a} P$, то регулирование остановиться и прибор перейдет в режим индикации и измерения контролируемой величины.

На каждом шаге прибор осуществляет управление в режиме заданным значением параметра $\bar{a} l - \bar{L}$ (двухпозиционный регулятор, трехпозиционный регулятор, стандартный ПИД-регулятор или ПИД-регулятор с нагревом и охлаждением).

При реализации программного управления в приборе вводится значение плавающей уставки. Величина, этой уставки каждую минуту изменяется на значение, зависящее от

длительности шага и разности температур в начале и конце шага. Плавающая уставка является рабочей уставкой, и прибор пытается поддерживать значение измеряемой величины в соответствии с ее текущим значением. Плавающая уставка является служебным параметром прибора, и поэтому ее значение для просмотра и редактирования недоступно.

Следует иметь в виду, что соответствие измеряемой величины графику технологического процесса возможно, только если длительность шага позволяет исполнительному устройству оказать требуемое воздействие на объект.

3.6.5 Автоматическая настройка коэффициентов ПИД-регулятора

В приборе предусмотрена возможность автоматической настройки коэффициентов ПИД-регулятора. Для включения режима автонастройки необходимо значение параметра $\text{P}k$ установить в значение $r_{\text{ЦП}}$. При этом прибор переходит в режим автонастройки. В режиме основного меню отображается текущее значение измеряемой величины. В процессе автонастройки будет постоянно гореть правая десятичная точка индикатора. В этом режиме изменение всех параметров кроме $\text{P}k$ невозможно, доступ к параметрам секретности блокируется. Изменив значение параметра $\text{P}k$ на значение $5k \bar{\Delta} P$ можно прервать автонастройку. По окончании автонастройки новые значения ПИД-коэффициентов заносятся в память прибора, при этом старые значения не сохраняются, параметр $\text{P}k$ автоматически переключается на значение $5k \bar{\Delta} P$.

При проведении автонастройки прибор подает на вход объекта тестовый сигнал, значение мощности, которого, в процентном отношении от максимального, определяется значением параметра «Максимальная выходная мощность ПИД-регулятора» ($\bar{\Delta} L - H$).

Например, если прибор управляет теплоэлектронагревателем с номинальной мощностью 500 Вт и значение параметра $\dot{\alpha}L - H$ задано 100%, то нагреватель будет работать на полную (номинальную) мощность. Если же значение параметра $\dot{\alpha}L - H$ составляет 25%, то рабочая мощность нагревателя составит 125 Вт. Когда скорость изменения температуры объекта, вследствие подачи тестового сигнала, уменьшится в 2,7 раза, процесс автонастройки закончится. Ограничить мощность, передаваемую объекту необходимо в случае, когда есть опасность превышения контролируемого параметра объекта, например температуры, в процессе автонастройки. После завершения процесса автонастройки параметру $\dot{\alpha}L - H$ можно задать любое значение, в том числе и максимальное.

После подачи питания значение параметра $\dot{\alpha}L - H$ всегда имеет значение $5L \dot{\alpha}P$ - автонастройка остановлена.

Процесс автонастройки может быть запущен только в режиме стандартного ПИД-регулятора без режима программного управления. Если прибор предполагается использовать в других режимах ПИД-регулятора и при этом требуется выполнить процесс автоматической настройки коэффициентов ПИД-регулятора, то рекомендуется переключиться в режим стандартного ПИД-регулятора без программного управления и запустить процесс автонастройки. После того как процесс автонастройки коэффициентов ПИД-регулятора будет завершен достаточно только переключить прибор в желаемый режим работы.

Внимание! Если вам необходимы старые значения ПИД-коэффициентов, то их следует запомнить до включения режима автонастройки, в противном случае эти значения перезапишутся новыми после окончания работы программы автонастройки.

3.6.6 Задание режимов работы аварийного компаратора

Аварийный компаратор необходим для более эффективного контроля за процессами регулирования. Логика компаратора (Рис. 13) контролирует значение измеряемой величины и в случае выхода ее за допустимые пределы на лицевой панели прибора загорается светодиод AL , а также происходит срабатывание выходного электромагнитного реле.

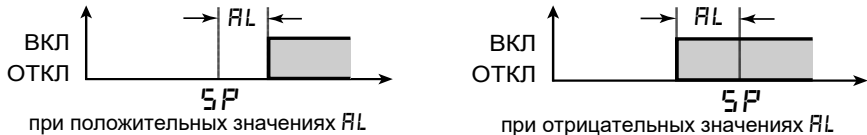


Рис. 13. Логика работы аварийного компаратора

Значение параметра AL задает порог срабатывания компаратора.

3.6.7 Запуск и остановка процесса регулирования

Запуск и остановка процесса регулирования может быть осуществлена при помощи изменения значения параметра $r - 5$ в основном меню. Регулирование осуществляется если выбрано значение $r - 10$, а если $5 \leq r \leq 4$, то процесс регулирования остановлен.

Также процессом регулирования можно управлять при помощи ключа подключенного к дискретному входу прибора. Вместо ключа к дискретному входу прибора могут быть подключены:

- кнопки, выключатели, герконы, контакты реле, а также любые другие подобные устройства
- активные датчики с выходом типа открытый коллектор на транзисторе $n-p-n$ -типа
- активные датчики с выходным напряжением низкого уровня (0...0.8)В и высокого уровня (2.4...40)В.

Тип сигнала запуска регулятора определяется значением параметра $E \bar{r} - 1$. Возможны следующие значения:

$n \bar{0} n \bar{E}$ – дискретный вход не задействован;

$n - \bar{0}$ – регулирование осуществляется при разомкнутом ключе или входном напряжении высокого уровня, если ключ замкнут или на вход подано напряжение низкого уровня, то регулирование не осуществляется;

$n - \bar{1}$ – регулирование осуществляется при замкнутом ключе или входном напряжении низкого уровня, если ключ разомкнут или на вход подано напряжение высокого уровня, то регулирование не осуществляется;


$P_n - \bar{a}$ – поочередный запуск или остановка регулирования осуществляется при нажатиях нормально-замкнутой кнопки или при перепадах из состояния низкого уровня напряжения в высокое;

$P_n - \bar{a}$ – поочередный запуск или остановка регулирования осуществляется при нажатиях нормально-разомкнутой кнопки или при перепадах из состояния высокого уровня напряжения в низкое;

Если выбрано значение параметра $E \bar{L} - I$ отличное от $n \bar{a} n E$, то параметр $r - 5$ в основном меню не отображается.

В программном режиме управления, при запущенном процессе регулирования значения параметров $r n \bar{L}$, $P - \bar{L} r$ и значения уставки не могут быть изменены.

3.6.8 Загрузка заводских установок

Если требуется в энергонезависимую память прибора записать значения заводских установок параметров, то параметр «Установка параметров по умолчанию» следует установить в значение $\bar{a} n$. После нажатия кнопки  будет произведена перезапись энергонезависимой памяти прибора.

3.7 Принцип действия ПИД-регулятора

Поддержание заданного значения параметра осуществляется на основе принципа пропорционально интегрально дифференциального (ПИД) управления. Регулятор измеряет текущее значение параметра и определяет величину отклонения от заданного зна-

чения и вырабатывает выходной сигнал Y_k , действие которого направлено на уменьшение отклонения E_k :

$$Y_k = \frac{1}{P} \left[E_k + \frac{1}{I} \sum_{i=0}^k E_i \Delta t + d \cdot \frac{\Delta E_k}{\Delta t} \right] \cdot 100\% ,$$

где

- P – полоса пропорциональности (в единицах измеряемого параметра) – $[F - P]$;
- E_k – разность между заданными (уставка) и текущими значениями измеряемой величины;
- I – постоянная времени интегрирования – $[F - I]$;
- ΔE_k – разность между двумя соседними отклонениями E_k и E_{k-1} ;
- Δt – время между двумя измерениями;
- d – постоянная времени дифференцирования – $[F - d]$;
- $\sum_{i=0}^k E_i \Delta t$ – накопленная сумма отклонений

Отношение $\frac{E_k}{P}$ называется пропорциональной составляющей ПИД-регулятора. Вы-

ходное воздействие тем больше, чем больше разность между заданным и текущим значением измеряемой величины. Иногда бывает достаточно только такого пропорционального управления (значение параметров $[F - \zeta]$ и $[F - d]$ равны нулю), однако часто при таком методе управления при малом отклонении вырабатывается слишком слабое воздействие и уставка оказывается недостигнутой.

Ликвидировать этот недостаток можно, введя в сигнал управления величину, которая будет зависеть от накопленной суммы отклонений $\sum_{i=0}^k E_i \Delta t$. Выражение

$\frac{1}{P} \cdot \frac{1}{I} \sum_{i=0}^k E_i \Delta t$ называется интегральной составляющей выходного сигнала. То есть,

отклонение будет накапливаться и, с коэффициентом $\frac{1}{P} \cdot \frac{1}{I}$, добавляться к пропорциональному сигналу. Таким образом, любое малое рассогласование между заданным и измеренным значением параметра будет со временем скомпенсировано. При слишком большом значении параметра $[F - \zeta]$ наблюдается слишком медленный выход к уставке.

Если требуется воспрепятствовать быстрому изменению контролируемого параметра объекта, то можно ввести в сигнал управления составляющую, пропорциональную скорости

изменения этого параметра. Выражение $\frac{1}{P} d \frac{\Delta E_k}{\Delta t}$ входит в общий сигнал управления

и называется дифференциальной составляющей ПИД-регулятора. Однако, при чрезмерной величине коэффициента $\zeta F - d$ возможен неравномерный характер выхода на уставку.

3.8 Процедура ручной настройки коэффициентов ПИД-регулятора

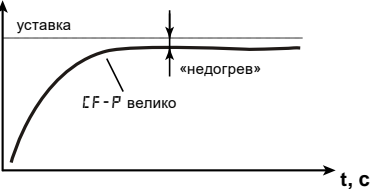
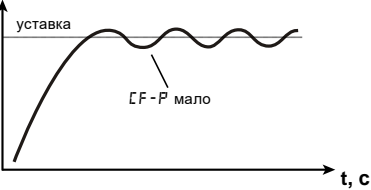
Установить в ноль значения параметров $\zeta F - \zeta$ и $\zeta F - d$, значение параметра $\zeta F - P$ подобрать таким, чтобы измеряемое значение регулируемой величины не доходило до уставки на несколько процентов. Например, если значение уставки равно 150 единиц, то в установившемся режиме измеряемое значение регулируемой величины должно составить 144-145. Физический смысл параметра $\zeta F - P$ – отклонение, при превышении которого надо оказывать максимальное воздействие на объект. При уменьшении отклонения от уставки воздействие зависящее от параметра $\zeta F - P$ будет пропорционально уменьшаться вплоть до нуля при выходе на уставку.

Задать максимальное значение параметру $\zeta F - \zeta$ и уменьшать его до такой величины, чтобы значение регулируемого параметра поднималось до уставки за приемлемое время, возможно с небольшим переходом за уставку, если это допустимо. Пропорционально-интегрального управления может оказаться достаточным.

Если требуется оперативное реагирование на быстрые изменения регулируемого параметра или желательно более быстрое успокоение при перерегулировании можно задать ненулевое значение параметру $\zeta F - d$. Начинать настройку значения этого параметра рекомендуется с малых значений.

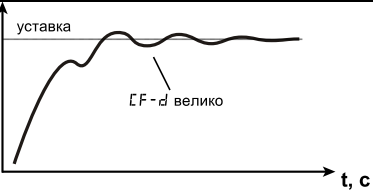
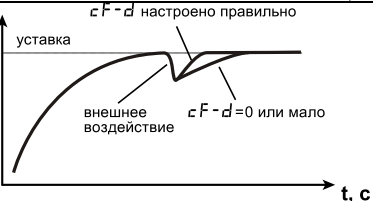
Ориентировочные графики процессов при различных значениях параметров ПИД регулятора приведены в Табл. 5.

Табл. 5

Действие	Результат	График процесса
Настройка значения параметра $\zeta F - P$ (полоса пропорциональности ПИД-регулятора)		
<p>Увеличение значения $\zeta F - P$</p>	<p>График процесса растёт постепенно и долго, вылета за уставку не происходит, возможно величина не дойдет до уставки.</p>	 <p>График процесса показывает медленный рост к уставке. Уставка отмечена горизонтальной линией. Кривая приближается к уставке, но останавливается на некотором расстоянии, обозначенном как «недогрев». Подпись: $\zeta F - P$ велико.</p>
<p>Уменьшение значения $\zeta F - P$</p>	<p>Появляется вылет за уставку, возможны и колебания вокруг уставки. Выход в район уставки происходит быстро.</p>	 <p>График процесса показывает быстрый выход к уставке с колебаниями. Уставка отмечена горизонтальной линией. Кривая быстро достигает уставки и продолжает колебаться вокруг нее. Подпись: $\zeta F - P$ мало.</p>

Настройка значения параметра T_i (постоянная времени интегрирования ПИД-регулятора)

<p>Увеличение значения T_i</p>	<p>График процесса растёт постепенно, вылет за уставку не происходит.</p>	
<p>Уменьшение значения T_i</p>	<p>Появляется вылет за уставку и колебания вокруг уставки, выход в район уставки происходит быстро.</p>	

Настройка значения параметра $\zeta F - d$ (постоянная времени дифференцирования ПИД-регулятора)		
<p>Увеличение значения $\zeta F - d$</p>	<p>Вылет и время успокоения уменьшается, однако возможны неравномерный выход на уставку или небольшие колебания.</p>	
<p>Уменьшение значения $\zeta F - d$</p>	<p>Увеличивается время реакции на изменение значения измеряемой величины из-за внешнего воздействия.</p>	

Необходимо помнить, что графики переходных процессов могут оказаться похожими при различных сочетаниях значений параметров $\zeta F - P$, $\zeta F - \zeta$ и $\zeta F - d$. И не всегда очевидно, чем вызван недостаток регулирования. Поэтому, при подборе коэффициентов

ПИД-регулятора мы рекомендуем начинать с пропорционального управления, затем переходить к пропорционально-интегральному управлению и, если этого недостаточно к ПИД-управлению.

В данной реализации ПИД-регулятора накопление интегральной составляющей не производится за пределами полосы пропорциональности.

В ряде случаев более качественную настройку можно осуществить с использованием параметра $r_{E5\bar{z}}$ – «Сброс интеграла». Если $r_{E5\bar{z}}=0$ или $r_{E5\bar{z}}\geq[F-P]$, то ПИД-регулятор работает в обычном режиме, и значение накопленной суммы отклонений полагается равной нулю вне полосы пропорциональности. Если $[F-P]>r_{E5\bar{z}}>0$, то значение накопленной суммы отклонений полагается равной нулю только вне полосы $-r_{E5\bar{z}}\dots+r_{E5\bar{z}}$. Это позволяет избежать излишнего накопления интегральной составляющей до тех пор, пока увеличение параметра происходит за счет пропорциональной составляющей.

4. Требования безопасности

Измерители соответствуют требованиям безопасности по ГОСТ 12.2.007.0 и ГОСТ Р 51350 для категории монтажа I и степени загрязнения 1.

Изоляция электрических цепей измерителей относительно корпуса и между собой выдерживает в течение 1 мин действие испытательного напряжения 1,5 кВ практически синусоидальной формы частотой от 45 до 65 Гц

Сопrotивление изоляции электрических цепей с номинальным напряжением до 500 В составляет не менее 20 МОм в нормальных условиях эксплуатации.

Степень защиты измерителей от прикосновения к доступным токоведущим частям и от попадания твердых посторонних предметов соответствует IP20 по ГОСТ 14254

5. Маркировка

Маркировка прибора содержит:

- номинальное значение напряжения питания;
- номинальную частоту питания сети;
- символ переменного тока;
- максимальную номинальную мощность в ваттах;
- наименование изготовителя и (или) зарегистрированный товарный знак;
- наименование и обозначение модели;
- знак утверждения типа;
- знак госреестра;
- порядковый номер по системе нумерации изготовителя;

- ❑ дату выпуска;
- ❑ обозначение технических условий.

6. Упаковка

Упаковка измерителей соответствует категории КУ-2 по ГОСТ 23216, что обеспечивается применением соответствующей транспортной тары и внутренней упаковки.

Транспортная тара изготовлена из трехслойного картона.

Внутренняя упаковка соответствует типу ВУ-11А-5 по ГОСТ 23216 и включает пакет из полиэтиленовой пленки.

Документация, отправляемая совместно с изделием вложена в герметичный пакет из полиэтиленовой пленки.

Коробка должна быть прочно заклеена лентой с липким слоем.

7. Транспортирование и хранение

Упакованные в соответствии с настоящим документом измерители транспортируются любым видом закрытого транспорта и на любые расстояния по правилам перевозок грузов, действующих на транспорте данного вида.

При транспортировании самолетом измерители должны быть размещены в отапливаемых герметизированных отсеках.

Трюмы судов, кузова автомобилей, используемые для перевозки измерителей, не должны иметь следов цемента, угля, химикатов и т.п.

Условия транспортирования в части воздействия климатических факторов должны соответствовать условиям хранения 5 по ГОСТ 15150 и в части воздействия механических факторов – условиям «Л» по ГОСТ 23216.

Хранить измерители до введения в эксплуатацию следует на складах в упаковке изготовителя по условиям хранения 1 по ГОСТ 15150.

Хранить измерители без упаковки следует при температуре окружающего воздуха 10 – 35 °С и относительной влажности 80% при температуре 25°С.

В помещении для хранения содержание пыли, паров кислот и щелочей, агрессивных газов и других вредных примесей, вызывающих коррозию, не должно превышать содержание коррозионно-активных агентов для атмосферы типа 1 по ГОСТ 15150.

8. Гарантийные обязательства

Предприятие-изготовитель гарантирует нормальную работу изделия в течение 5 лет с момента продажи при соблюдении условий эксплуатации. В период гарантийного срока эксплуатации, при условии соблюдения требований руководства по эксплуатации, в случае обнаружения каких-либо неисправностей, возникших по вине изготовителя, изготовитель производит бесплатный ремонт вышедшей из строя продукции или ее обмен на продукцию надлежащего качества. Претензии не принимаются при наличии механических повреждений, при нарушениях целостности монтажа.

Внимание. Гарантийный срок не распространяется на элементы, подлежащие естественному износу во время их эксплуатации. В данном случае таким элементом является электромеханическое реле, срок службы которого будет зависеть от параметров коммутируемой им нагрузки.

