

**Преобразователь  
переменного тока  
TIT- XX D  
Руководство  
эксплуатации**

---

Содержание	
1.	Общее описание ..... 3
1.1.	Предупреждения по технике безопасности..... 3
1.2.	Назначение устройства ..... 4
2.	Описание работы ..... 5
2.1.	Построение хардвера ..... 5
2.1.1.	Входной измерительный трансформатор ..... 5
2.1.2.	Звено микроконтроллера ..... 5
2.1.3.	Генератор тока..... 6
2.1.4.	Цепь RS485..... 6
2.1.5.	Дискретный выход (open collector)..... 6
2.1.6.	Распределение клемм..... 6
2.3.	Переключатель пределов ..... 7
2.4.	Технические данные ..... 8
3.	Линия коммуникации ..... 9
3.1.	Линия последовательной связи ..... 9
3.2.	Протокол ..... 9
3.2.1.	Встроенные команды ..... 9
3.2.2.	Построение дейтаграммы ..... 9
	Расчет CRC (Пример в Turbo Pascal)..... 10
4.	ModBus, Распределение регистров ..... 12
4.1.	Электронный ярлык..... 12
4.2.	Результаты измерения ..... 12
4.3.	Параметры ..... 12
5.	Эксплуатация преобразователя..... 13
5.1.	Распаковка ..... 13
5.2.	Монтаж на объекте..... 13
5.3.	Включение в работу..... 13
6.	Транспортировка и хранение..... 14
7.	Срок службы и гарантия изготовителя. .... 15

## 1. Общее описание

### 1.1. Предупреждения по технике безопасности

**ВНИМАНИЕ! ЖИЗНЕННАЯ ОПАСНОСТЬ!**

Удаление крышки устройства, подключенного к сети, **ЗАПРЕЩАЕТСЯ** и **ОПАСНО** ДЛЯ ЖИЗНИ!

В устройстве некоторые платы печатной схемы гальванически подключены к напряжению сети. Поэтому удаление крышки устройства допускается строго в обесточенном состоянии!

При установке устройства на месте работы измеряемая сеть должна быть строго обесточена, установка должна быть произведена только квалифицированным персоналом!

Установка устройства должна производиться на месте, не допустимом для посторонних лиц!

Работа с установленным устройством допускается лишь персоналом, подготовленным к работе под напряжением!



## 1.2. Назначение устройства

Устройства TITxxD служат для измерения реальных действующих значений сигналов тока, а также для аналоговой (генераторы тока) и дискретной (RS485) телепередачи измеренных сигналов.

Преобразователи обеспечивают гальваническое разделение между измеряемым сигналом и остальной частью системы.

Устройство обладает выходом с открытым коллектором, служащим переключателем пределов.

## 2 Описание работы

### 2.1. Построение хардвера

Принципиальная структура хардвера показана на рисунке 2.1. В последующих пунктах дается описание звеньев, показанных на рисунке.

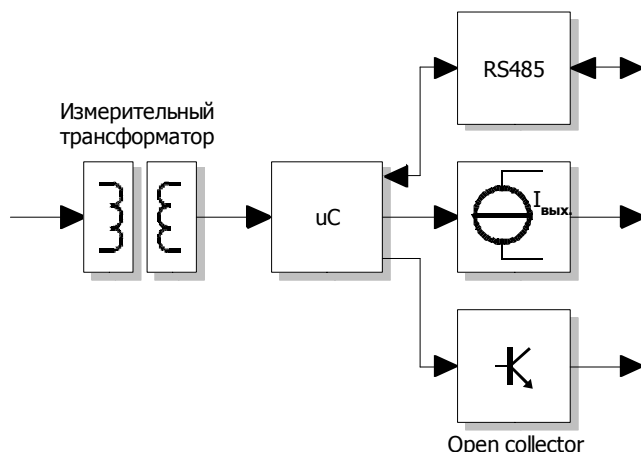


Рис. 2.1 Построение преобразователя

#### 2.1.1. Входной измерительный трансформатор

Задачей измерительного трансформатора является преобразование измеряемого сигнала для аналого-цифрового преобразователя, расположенного в звене микроконтроллера. Типом измерительного трансформатора определяется измеряемый сигнал и учитываемый предел измерения. Существуют следующие типы:

Таблица 2.1.: Значение номинальных входных сигналов

Номинальное значение $I_{ном}$ .
25A
50A

Измерительным трансформатором помимо преобразования сигнала обеспечивается гальваническое разделение между измеряемой сетью и остальными звеньями устройства прочностью на пробой в 4 кВ.

#### 2.1.2. Звено микроконтроллера

Работу устройства обеспечивает программа, находящаяся в микроконтроллере преобразователя. Аналого-цифровой преобразователь (АЦП), находящийся в микроконтроллере, производит выборку с частотой  $F_s=833.33$  Гц. Из-за отсутствия фильтра наложения частот, при вычислении среднеквадратичного значения, устройство учитывает и компоненты частоты, большей  $F_s/2$ . Математически доказано, что наложение частот не влияет на среднеквадратичное значение, если спектры расположены не рядом друг с другом. (При частоте выборки  $F_s=833.33$  Гц гармоническая составляющая  $F_{16}=800$  Гц

накладывается на  $F'_{16}=33.33\text{Гц}$ , гармоническая составляющая  $F_{33}=1650\text{Гц}$  накладывается на  $F'_{33}=16.67\text{Гц}$ . Составляющая  $F_{51}=2550\text{Гц}$  является наименьшей, которая накладывается на  $F'_{51}=50\text{Гц}$ . Однако в электрических сетях можно пренебречь составляющими выше 40 гармоники.)

Программа микропроцессора каждые 20 мс формирует среднеквадратичное значение из выборок за последние 40мс.

Результаты измерения поступают на цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП), который управляет генератором выходных аналоговых сигналов.

Программа преобразователя содержит управление 2 дискретными выходами (open collector), для отслеживания пороговых значений, устанавливаемых по линии RS 485.

### 2.1.3. Генератор тока

Генераторы тока дают ток в области 0...24мА на нагрузке не более  $R_H=500\Omega$ .

Генератор тока дает сигнал в зависимости от измеренной величины. Выходная характеристика – линейная, можно установить любую крутизну ( $>0$ ), 0, нижний и верхний предел. Таким образом возможна установка выходного сигнала 0-5мА, 0-20мА, 4-20мА.

### 2.1.4. Цепь RS485

Устройство осуществляет коммуникацию типа slave через стандартную линию RS485, пользуясь протоколом ModBus. Через линию RS485 считываются результаты измерений, таблица параметров измерения, параметры коммуникации, производится установка генератор тока, параметры цифрового выхода.

### 2.1.5. Дискретный выход (open collector)

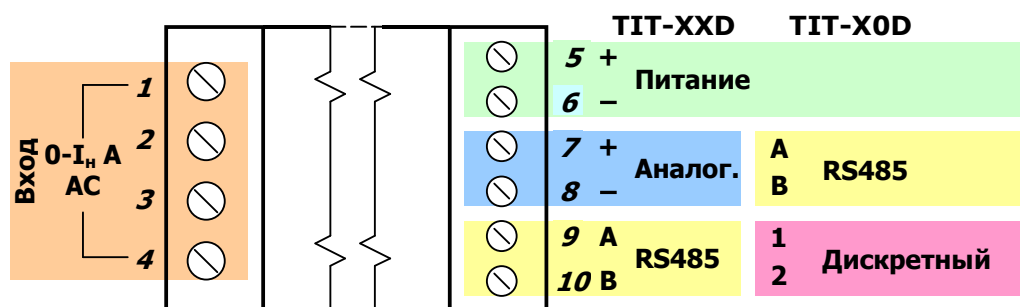
Дискретные выходы представляют собой 2 NPN транзистора, у которых эмиттеры подключаются к питание-вход и GND, а коллектор выведен на клемму.

### 2.1.6 Распределение клемм

Механическое построение преобразователя не дает возможности осуществить в одном корпусе одновременно все возможные выходы :RS485, аналоговый и дискретный. На одну пару клемм выводится или аналоговый сигнал или сигнал RS485, а на другую пару - RS485 или дискретный сигнал. Таким образом из 3 возможных выходов можно выбрать 2. Причем выход RS485 присутствует в обоих вариантах. При заказе необходимо задать тип выходных сигналов. Установку выходных сигналов можно считать через выход RS485.

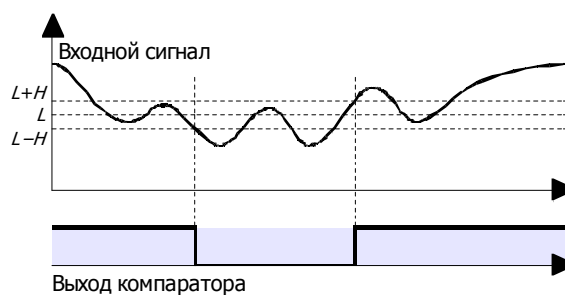
## 2.2 Подключение устройства

Распределение клемм устройства изображено на рис. 2.



## 2.3 Переключатель пределов

Входом переключателя пределов является измеренное значение RMS. Порог переключения  $L$  и гистерезис  $H$  могут быть установлены в таблице параметров.



## 2.4 Технические данные

Заданные значения справедливы в области  $T = -0..+50^{\circ}\text{C}$

<b>питание</b>	напряжение питания	15 - 28 В DC	
	потребление	80мА при $U_{п}=24\text{В}$ , $I_{\text{вых.}}=20\text{мА}$	
<b>входной сигнал</b>	номинальное значение переменного тока $I_n$	25 А, 50А	
	форма сигнала	периодическая	
	диапазон измерения	0. – 1.2 x $I_n$	
	потребляемая мощность макс.	0,1 ВА	
	частота	$50 \pm 10 \%$ Гц	
<b>выходной сигнал</b>	аналоговый выход	0-5 мА, 0 -20 мА, 4 – 20 мА возможны и другие выходы	
	допустимая перегрузка	20%	
	сопротивление нагрузки	500Ω	
	характеристика	линейная	
	погрешность	1 %	
	напряжение токовой петли	10 В	
	выход последовательной связи RS 485	протокол MODBUS RTU	
	цифровой выход	открытый коллектор” макс 30V (при $I_{\text{вых.}}=8\text{мА}$ )/ 500 мА (при $U_{\text{вых}}=0.5\text{В}$ )	
	<b>прочие характеристики</b>	испытательное напряжение на пробой (вход/выход)	2.5 кВ действ. (вторичные испытания ограничены)
		диапазон рабочих температур	0 ... +50 °C
относительная влажность воздуха макс.		90 %	
рабочее положение		любое	
<b>механические данные</b>	Преобразователь помещен в пластмассовый корпус, который крепится на рейку DIN TS 35 и TS 32. Подключение к клеммам многожильным проводом сечения 1,5 <sup>2</sup> мм или одножильным 2,5/4мм <sup>2</sup>	<b>габаритные размеры</b> (ширина x высота x глубина): 36 x 95 x 58 мм. вес: 0,15 кг	
<b>соответствие стандартам</b>	По помехозащищенности преобразователь ТИТ-ХХД соответствует требованиям, сформулированным в стандарте МЭК (IEC) 60255 - 4	защита от пыли и влаги: IP 20 согласно МЭК (IEC EN) 60529	
		<b>гарантия</b> ВЕРТЕС Электроника а гарантирует работу ТИТ ХХД течения 12 месяцев со дня продажи.	



### 3 Линия коммуникации

#### 3.1 Линия последовательной связи

Преобразователь имеет выход асинхронной последовательной связи RS485 со следующими параметрами:

- 9600 baud
- 8 bit данных
- 1 stopbit
- четный паритет

#### 3.2 Протокол

##### 3.2.1 Встроенные команды

Стандартный протокол ModBus RTU. Включает в себя чтение регистров *Holding* (0x03) и запись в регистры *Holding* (0x10). Устройство работает в режиме *slave*. Адрес задается при производстве и может быть от 1 до 250.

Отличия использованного протокола от стандартного:

- Нет дейтаграмм ошибок. Устройство не отвечает в следующих случаях:
  - CRC получает ошибочную дейтаграмму
  - Полученная дейтаграмма содержит неизвестный код команды
  - Обращается к несуществующему регистру Holding
  - В случае команды 0x10 только содержание write/read регистров можно изменить, однако нет дейтаграммы ошибки в случае подачи команды записи на только читаемый (write) регистр.
- Размер приемного буфера 19 байтов.
  - В случае более длинных дейтаграмм, устройство отбрасывает последние байты, таким образом, появляется ошибка CRC и устройство не отвечает.
  - Поэтому командой 0x10 можно изменить содержание только 5 регистров.
- Размер выходного буфера 37 байтов.
  - Командой 0x03 возможно одновременное считывание содержание только 16 регистров. Если входящая дейтаграмма запрашивает содержание большего количества регистров, устройство не отвечает.

##### 3.2.2 Построение дейтаграммы

Рамки дейтаграммы:

- Считывание регистров Holding:

Начиная с адреса А (задаваемый параметр) посылается актуальное содержание N количества регистров.

Запрос:

0	1	2	3	4	5	6	7
Адрес устройства	Код команды: 0x03	Адрес первого регистра MSB(A)	Адрес первого регистра LSB(A)	Количество регистров MSB(N)	Количество регистров LSB(N)	MSB(CRC)	LSB(CRC)

Ответ:

0	1	2	3... 2·N+2	2·N+3	2·N+4
Адрес устройства	Код команды: 0x03	Количество байтов параметров (=2·N)	Текущее содержание запрошенных регистров. (MSB;LSB по порядку)	MSB(CRC)	LSB(CRC)

- Запись в регистры Holding

Начиная с адреса А (задаваемый параметр) переписывается содержание N количества регистров (изменяется содержание только считываемых/записываемых регистров.)

Запрос:

0	1	2	3	4	5	6
Адрес устройства	Код команды: 0x10	Адрес первого регистра MSB(A)	Адрес первого регистра LSB(A)	Количество регистров MSB(N)	Количество регистров LSB(N)	Количество байтов параметров (=2·N)

7... 2·N+6	2·N+7	2·N+8
Новое содержание регистров. (MSB;LSB по порядку)	MSB(CRC)	LSB(CRC)

Ответ:

0	1	2	3	4	5	6	7
Адрес устройства	Код команды: 0x10	Адрес первого регистра MSB(A)	Адрес первого регистра LSB(A)	Количество регистров MSB(N)	Количество регистров LSB(N)	MSB(CRC)	LSB(CRC)

### Расчет CRC (Пример в Turbo Pascal)

unit CRC;

INTERFACE

procedure CRC16(p : pointer; len : word; var Hi : byte; var Lo : byte);

IMPLEMENTATION

type

tByteArray = Array[0..63999] of byte;

const

CRChi : array[0..255] of byte =

```
( $00,$C1,$81,$40,$01,$C0,$80,$41,$01,$C0,$80,$41,$00,$C1,$81,$40,
$01,$C0,$80,$41,$00,$C1,$81,$40,$00,$C1,$81,$40,$01,$C0,$80,$41,
$01,$C0,$80,$41,$00,$C1,$81,$40,$00,$C1,$81,$40,$01,$C0,$80,$41,
$00,$C1,$81,$40,$01,$C0,$80,$41,$01,$C0,$80,$41,$00,$C1,$81,$40,
$01,$C0,$80,$41,$00,$C1,$81,$40,$00,$C1,$81,$40,$01,$C0,$80,$41,
$00,$C1,$81,$40,$01,$C0,$80,$41,$01,$C0,$80,$41,$00,$C1,$81,$40,
$00,$C1,$81,$40,$01,$C0,$80,$41,$01,$C0,$80,$41,$00,$C1,$81,$40,
$01,$C0,$80,$41,$00,$C1,$81,$40,$00,$C1,$81,$40,$01,$C0,$80,$41,
```

```
$01,$C0,$80,$41,$00,$C1,$81,$40,$00,$C1,$81,$40,$01,$C0,$80,$41,
$00,$C1,$81,$40,$01,$C0,$80,$41,$01,$C0,$80,$41,$00,$C1,$81,$40,
$00,$C1,$81,$40,$01,$C0,$80,$41,$01,$C0,$80,$41,$00,$C1,$81,$40,
$01,$C0,$80,$41,$00,$C1,$81,$40,$00,$C1,$81,$40,$01,$C0,$80,$41,
$00,$C1,$81,$40,$01,$C0,$80,$41,$01,$C0,$80,$41,$00,$C1,$81,$40,
$01,$C0,$80,$41,$00,$C1,$81,$40,$00,$C1,$81,$40,$01,$C0,$80,$41,
$01,$C0,$80,$41,$00,$C1,$81,$40,$00,$C1,$81,$40,$01,$C0,$80,$41,
$00,$C1,$81,$40,$01,$C0,$80,$41,$01,$C0,$80,$41,$00,$C1,$81,$40 );
```

CRClo : array[0..255] of byte =

```
( $00,$C0,$C1,$01,$C3,$03,$02,$C2,$C6,$06,$07,$C7,$05,$C5,$C4,$04,
$CC,$0C,$0D,$CD,$0F,$CF,$CE,$0E,$0A,$CA,$CB,$0B,$C9,$09,$08,$C8,
$D8,$18,$19,$D9,$1B,$DB,$DA,$1A,$1E,$DE,$DF,$1F,$DD,$1D,$1C,$DC,
$14,$D4,$D5,$15,$D7,$17,$16,$D6,$D2,$12,$13,$D3,$11,$D1,$D0,$10,
$F0,$30,$31,$F1,$33,$F3,$F2,$32,$36,$F6,$F7,$37,$F5,$35,$34,$F4,
$3C,$FC,$FD,$3D,$FF,$3F,$3E,$FE,$FA,$3A,$3B,$FB,$39,$F9,$F8,$38,
$28,$E8,$E9,$29,$EB,$2B,$2A,$EA,$EE,$2E,$2F,$EF,$2D,$ED,$EC,$2C,
$E4,$24,$25,$E5,$27,$E7,$E6,$26,$22,$E2,$E3,$23,$E1,$21,$20,$E0,
$A0,$60,$61,$A1,$63,$A3,$A2,$62,$66,$A6,$A7,$67,$A5,$65,$64,$A4,
$6C,$AC,$AD,$6D,$AF,$6F,$6E,$AE,$AA,$6A,$6B,$AB,$69,$A9,$A8,$68,
$78,$B8,$B9,$79,$BB,$7B,$7A,$BA,$BE,$7E,$7F,$BF,$7D,$BD,$BC,$7C,
$B4,$74,$75,$B5,$77,$B7,$B6,$76,$72,$B2,$B3,$73,$B1,$71,$70,$B0,
$50,$90,$91,$51,$93,$53,$52,$92,$96,$56,$57,$97,$55,$95,$94,$54,
$9C,$5C,$5D,$9D,$5F,$9F,$9E,$5E,$5A,$9A,$9B,$5B,$99,$59,$58,$98,
$88,$48,$49,$89,$4B,$8B,$8A,$4A,$4E,$8E,$8F,$4F,$8D,$4D,$4C,$8C,
$44,$84,$85,$45,$87,$47,$46,$86,$82,$42,$43,$83,$41,$81,$80,$40 );
```

**procedure** CRC16(p : pointer; len : word; var Hi : byte; var Lo : byte);

```
var Index : word;
    i : word;
```

**begin**

```
Hi:=$FF;
```

```
Lo:=$FF;
```

```
i:=0;
```

**While** (i<Len) **do**

**begin**

```
Index:=Hi xor tByteArray(p^)[i];
```

```
Hi:=Lo xor CRCHi[Index];
```

```
Lo:=CRCLo[Index];
```

```
i:=i+1;
```

**end;**

**end;**

**END.**

## 4 ModBus, Распределение регистров

### 4.1 Электронный ярлык

В первых 16 регистрах находятся данные преобразователя.

Адрес/тип	Название	Примечания
0x0000 (R)	Тип hardware	15-8 бит (MSB), тип преобразователя: <b>0x08</b> : TITxxD 7-4 бит (LSB, верхние 4 бита), входные сигналы: <b>0xB</b> : 25A <b>0xC</b> : 50A 3-0 бит (LSB, нижних 4 бита), тип аналогового выхода <b>0x0</b> нет аналогового входа <b>0x1</b> : 0-5mA <b>0x2</b> : 0-20mA <b>0x3</b> : 0-20mA <b>0x9</b> : задан пользователем
0x0001 (R)	Версия hardware	MS байт: главная версия (BCD) LS байт: дополнительная версия (BCD)
0x0002 (R)	Построение hardware	15-8 бит (MSB), не используется 7-4 бит (LSB верхние 4 бита), 2. клеммная пара <b>0x1</b> : Аналоговый <b>0x2</b> : RS485 3-0 бит (LSB нижние 4 бита), 1. клеммная пара <b>0x2</b> : RS485 <b>0x3</b> : открытый коллектор
0x0003 (R)	Версия программы	MS байт: главная версия (BCD) LS байт дополнительная версия (BCD)
0x0004 (R)		Не используется
0x0005- 0x000F (R)	Заводской номер:	22 байт, 0-terminal string

### 4.2 Результаты измерения

Адрес/Тип	Название	Примечания
0x0010 (R)	Измеряемые значения	$I = M \cdot I_N / 20\,000$ , где $M$ измеренное значение, $I_N$ номинальное входное значение данного типа преобразователя

### 4.3 Параметры

Адрес/тип	Название	Примечания
0x0018 (RW)	Управление выходами	Распределение битов <b>1-0 бит</b> : первый выход <b>3-2 бит</b> : второй выход Значение битов <b>00</b> : Разрыв <b>01</b> : Проводимость <b>10</b> : Разрыв, если измеренное напряжение выше предела <b>11</b> : Проводимость, если измеренное напряжение выше предела
0x0019 (RW)	Предел первого выхода	$M=20\,000 \cdot I_N$
0x001A (RW)	Предел второго выхода	$M=20\,000 \cdot I_N$
0x001B (RW)	Гистерезис выхода	$M=20\,000 \cdot I_N$
0x001C (RW)		Только для изготовителя
0x001D (RW)		Только для изготовителя
0x001E (RW)		Только для изготовителя
0x001F (RW)		Только для изготовителя

## 5. Эксплуатация преобразователя.

**ВНИМАНИЕ!** Перед началом монтажа и эксплуатации преобразователя необходимо внимательно изучить требования настоящего РЭ и сопутствующих нормативных документов (ПУЭ; ПТЭ; Межотраслевых правил по технике безопасности). К монтажу и эксплуатации изделия должен быть допущен подготовленный электротехнический персонал. На изделия, повреждённые в результате ошибочных действий персонала, нарушений условий эксплуатации или используемые не по назначению, гарантийные обязательства Изготовителя – не распространяются.

**ОПАСНО!** На входных клеммах и клеммах питания преобразователя в процессе эксплуатации присутствует опасное для жизни напряжение. Необходимо соблюдать требования настоящего РЭ по монтажу преобразователей и соответствующие требования Межотраслевых правил по технике безопасности.

### 5.1 Распаковка

Если преобразователь хранился или транспортировался при отрицательных температурах, его необходимо выдержать не менее 12 часов при комнатной температуре перед распаковкой. После распаковки необходимо проверить целостность клемм подключения, измерительного модуля и несущего каркаса. Обязательно проверяется соответствие маркировки на измерительном модуле и заказной спецификации.

### 5.2 Монтаж на объекте.

Преобразователи желательно монтировать в электротехнических шкафах со степенью защиты, соответствующей условиям эксплуатации. Допускается монтаж преобразователей в одном корпусе совместно с другими элементами АСУ.

Преобразователь защёлкивается на рейке типа TS-35. Для демонтажа достаточно отвести вниз 2 защёлки несущего каркаса.

### 5.3 Включение в работу.

После завершения монтажа и подключения преобразователя необходимо убедиться в правильности монтажа, соответствии входных сигналов диапазону измерения преобразователя и соответствии выходных сигналов преобразователя требованиям вышестоящего информационно-измерительного устройства. После подачи питания и входных сигналов, преобразователь готов к дальнейшей эксплуатации. В процессе эксплуатации, дополнительная настройка и калибровка преобразователя – не требуется.

## 6. Транспортировка и хранение.

Транспортирование преобразователей в заводской упаковке допускается всеми видами транспорта, при условии защиты от атмосферных осадков и механических повреждений. На самолётах, преобразователь необходимо транспортировать в герметизированных грузовых отсеках.

При погрузо-разгрузочных работах необходимо руководствоваться требованиями предупредительных знаков, нанесённых на упаковку.

Условия транспортирования – 3 по ГОСТ 15150

Преобразователь должен храниться на стеллажах в заводской упаковке, либо без неё в сухом отапливаемом помещении. Воздух помещения не должен содержать примесей агрессивных паров и газов. Обслуживание преобразователя в процессе хранения – не требуется. Срок хранения – 5 лет.

7. Срок службы и гарантия изготовителя.

Срок службы преобразователя – 10 лет. Указанный срок службы действителен при соблюдении требований настоящего РЭ.

Гарантийный срок преобразователя – 12 месяцев, считая с даты продажи, но не более 18 месяцев считая с даты выпуска из производства.

Со всеми предложениями по улучшению эксплуатационных характеристик или претензиями по качеству преобразователей необходимо обращаться в сервисную службу.