

Преобразователь переменного тока ТИТ-НС, ТИТ-ХХ Р2 и напряжения ТИТ- ХХ Р2  
Руководство по эксплуатации

## Содержание

1.	Общее описание .....	3
1.1	Предупреждения по технике безопасности.....	3
1.2	Назначение устройства .....	3
2.	Описание работы.....	4
2.1	Построение .....	4
2.1.1	Входной измерительный трансформатор .....	4
2.1.2	Звено DSP.....	5
2.1.3	Генератор тока.....	5
2.1.4	Цепь RS485.....	5
2.1.5	Цифровой выход.....	5
2.2	Подключение устройства .....	6
2.3	Логическое построение .....	7
2.3.1	Таблица параметров .....	7
2.3.2	Аналоговые входы, калибровка .....	7
2.3.3	Измерение.....	7
2.3.4	Переключатель пределов.....	8
2.3.5	Цифровой выход.....	8
2.3.6	Аналоговая характеристика .....	8
2.3.7	Аналоговый выход.....	8
2.4	Технические данные .....	9
3.	Коммуникация .....	11
3.1	Линия последовательной связи.....	11
3.2	Протокол .....	11
3.2.1	Используемые команды .....	11
3.2.2	Структура телеграмм .....	12
4.	ModBus, регистры holding.....	14
4.1	Электронная таблица данных.....	14
4.2	Измеренное значение RMS.....	14
4.3	Регистры состояния устройства и регистр ошибок .....	15
4.4	Регистры управления выходом .....	15
4.5	Регистр Reset.....	15
4.6	Таблица параметров.....	15
4.6.1	Таблица параметров внешнего трансформатора (сенсора), только в случае TIT-НС 16	
4.6.2	Регистр команд таблицы параметров.....	16
4.6.3	Регистры данных таблицы параметров .....	16
4.7	Установки по умолчанию.....	19
5.	Эксплуатация преобразователя.....	20
5.1	Распаковка .....	20
5.2	Монтаж на объекте.....	20
5.3	Подключение.....	20
5.4	Включение в работу.....	20
6.	ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ И ХРАНЕНИЕ.....	21
7.	СРОК СЛУЖБЫ И ГАРАНТИИ ИЗГОТОВИТЕЛЯ.....	21
8.	Приложение .....	22
8.1	. Выборка.....	22

## 1. Общее описание

### 1.1 Предупреждения по технике безопасности

**ВНИМАНИЕ!** Опасно для жизни!

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 производиться 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 TITxxP2 и TIT-НС служат для измерения истинных действующих значений (True RMS) сигналов тока или напряжения в сетях переменного тока, а также для передачи измеренных значений в аналоговой (генераторы тока) и дискретной (RS485) форме.

Обеспечивается гальваническое разделение между измеряемым сигналом и остальной частью устройства.

Устройство обладает выходом с открытым коллектором, который служит как переключатель пределов.

## 2. Описание работы

### 2.1 Построение

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

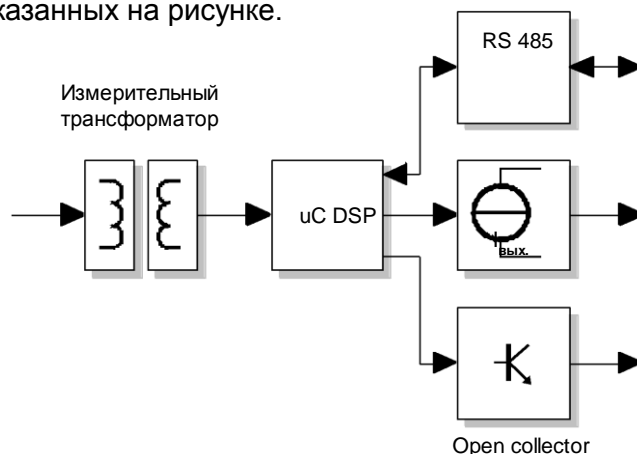


Рис. 2.1 Построение преобразователя

#### 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.: Типы измерительных трансформаторов для устройства TITxxP2 и TIT-НС

Измерение напряжения	Измерение тока
400 В	1 А/5 А
230,94 В	50А**
200 В	100А**
115,47 В	500А**
100 (10В*)	1000А**
57,735 В	

\*В случае номинального значения 10В в электронном ярлыке обозначено 100В, а при настройке, например, с помощью программы VERA, требуется установить коэффициент трансформатора напряжения 10/100В. Это касается выхода RS 485. Аналоговый выход настраивается обычным образом (см. описание программы VERA)

\*\*Преобразователи разновидности TIT-НС.

В таблице указанной выше обозначение 1 А/5 А указывает на тип, с помощью которого возможно измерение номинального тока как 1 А так и 5 А. Этот измерительный преобразователь имеет разветвление в первичной обмотке.

Устройства, выпускаемые с таким измерительным преобразователем, имеют на входах тока три клеммы: одну общую и по одной для измерения 1А и 5А. Для получения правильного результата в таблице параметров устройства необходимо установить, на каком пределе в данном случае работает устройство.

Измерительным трансформатором помимо преобразования сигнала обеспечивается

гальваническое разделение между измеряемой сетью и остальными звеньями устройства прочностью на пробой в 4 кВ.

Измерение тока 50А и выше осуществляется с помощью внешних трансформаторов (сенсоров) тока, которые подключаются к преобразователем специальным кабелем длиной макс. 2м.

Преобразователи, снабженные такими внешними трансформаторами тока, измеряют сигналы с амплитудным коэффициентом 1,41.

Внимание! К преобразователям, имеющим вход по току 1/5А, подключение вышеуказанных сенсоров запрещено.

### 2.1.2 Звено DSP

Основные элементы звена DSP - это блок управления Цифрового Процессора Сигнала DSP (Digital Signal Processor), памяти EEPROM и аналоговые и цифровые входные и выходные цепи. Работа устройства производится программой на DSP. Описание логических блоков математического обеспечения устройства см. в п. 2.3.

### 2.1.3 Генератор тока

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

Генератор тока дает сигнал в зависимости от измеренной величины. Выходная характеристика – линейная, можно установить любую крутизну ( $>0$ ), офсет, нижний и верхний уровень насыщения. Таким образом можно установить выходную характеристику 0-20, 4-24... и т. п. (Подробности см. в пп. 2.3.7 и 4.6.3.5.)

### 2.1.4 Цепь RS485

Устройство осуществляет коммуникацию типа slave через стандартную линию RS485, пользуясь стандартным протоколом ModBus RTU. Через линию RS485 считываются результаты измерений, таблица параметров измерения, устанавливаются параметры коммуникации(адрес, скорость, паритет), программируется генератор тока, задается уровень срабатывания дискретного выхода и гистерезис. Подробности коммуникации рассматриваются в главах 3 и 4.

### 2.1.5 Цифровой выход

Устройство обладает выходом с открытым коллектором, служащим переключателем пределов. Выход гальванически отделен оптронами от остальных блоков.

**ВНИМАНИЕ!** Указанная развязка на оптронах обеспечивает лишь изоляцию от остальных частей устройства ( $U_{ISO}<500$  В) для предотвращения помех в системах, состоящих из нескольких блоков, возникающих из-за гальванических связей (например, земельная петля). НЕ обеспечивает жизненную безопасность!

## 2.2 Подключение устройства

Распределение клемм устройства изображено на рис. 2.2. и 2.3. В зависимости от типа устройства питаются лишь одним напряжением, либо 24В AC/DC либо 100 В-230 В AC/DC.

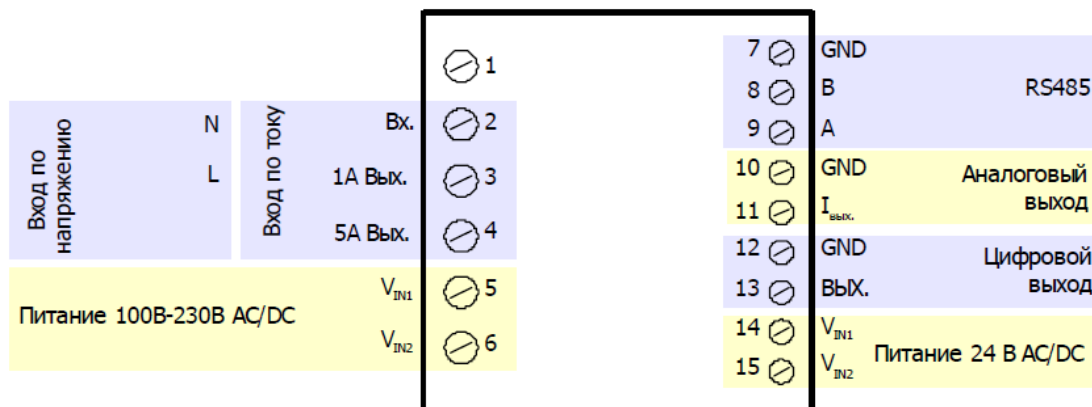


Рис. 2.2.: Распределение клемм ТИТххР2

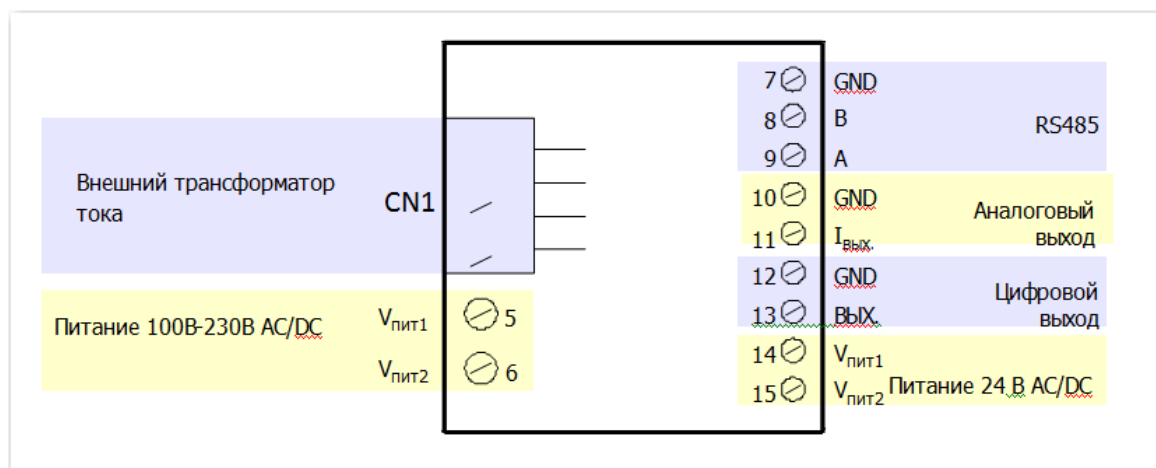


Рис. 2.3.: Распределение клемм ТИТххНС

## 2.3 Логическое построение

Задачей внутренней программы блока управления DSP является выполнение измерений и регистрация данных, управление входами, выходами и коммуникацией на линии RS485. Логическое построение программы показано на рис. 2.4. В последующих пунктах рассматривается принципиальное описание логических блоков, изображенных на рисунке. Подробное описание можно найти в главе 4. Полная информация о работе отдельных блоков дается в данном пункте и главе 4 совместно.

### 2.3.1 Таблица параметров

Как это показано в следующих пунктах, отдельные логические блоки могут иметь разные установки. Соответствующие параметры установок вместе с постоянными калибровками хранятся в таблице параметров. Данные таблицы параметров записаны в памяти EEPROM, поэтому они не теряются при выключении устройства. Перечень параметров отдельных установок можно найти в описании регистров ModBus в пункте 4.6.3.

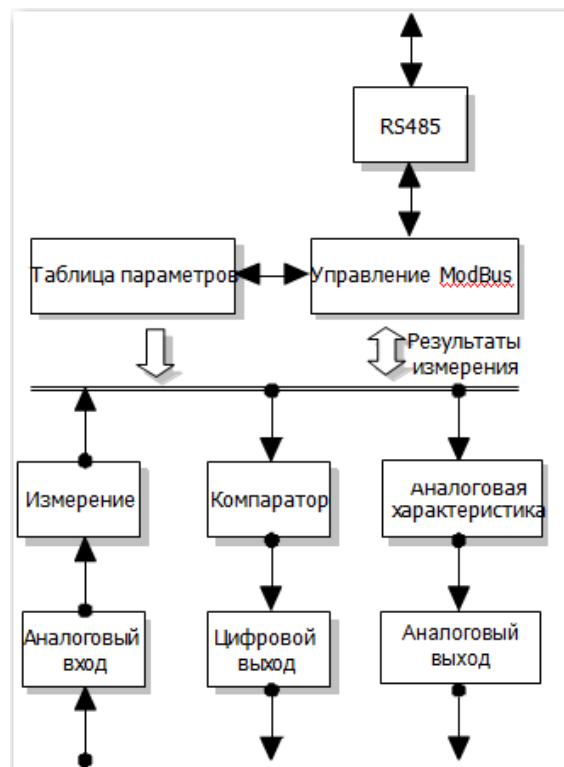


Рис. 2.4 Логическое построение

### 2.3.2 Аналоговые входы, калибровка

Выборка измеряемого сигнала производится частотой  $F_S=12,8$  кГц. Кроме фильтра наложения частот (anti-aliasing) четвертого порядка содержится и цифровой фильтр FIR. Этим фильтром из входных выборок образуется серия сигналов частотой  $F_{SM}=3,2$  кГц (децимализация). Дальнейшее описание см. в приложении 5.1.

Постоянная погрешность входных цепей и ошибки А/Ц преобразователя компенсируется коэффициентом калибровки, записанном в таблице параметров. В случае устройств типа 1А/5А к каждому из входов относится свой коэффициент.

Коэффициенты калибровки преобразователей TIT-XXP2 и TIT-HC определяются и задаются в процессе производства при настройке, они не могут быть изменены пользователем.

Сигнал на выходе А/Ц преобразователя находятся уже откалиброванные сигналы.

### 2.3.3 Измерение

Из выборки на выхода АЦП, блок измерения с периодичностью в  $T_{MEAS}=20$  мс вычисляет из значений за последние 2 периода (40мс) за среднеквадратичное значение (RMS) основной гармоник, а также полный коэффициент искажения сигнала (THD). Блок измерения имеет статусное слово, в котором содержится информация в случае перезагрузки на входе.

### 2.3.4 Переключатель пределов

Входным сигналом переключателя пределов является среднеквадратичное значение (RMS) измеряемого сигнала. Уровень переключения  $L$  и гистерезис  $H$  устанавливаются при производстве и записаны в таблицу параметров. Эти значения могут быть изменены пользователем. (рис. 2.5).

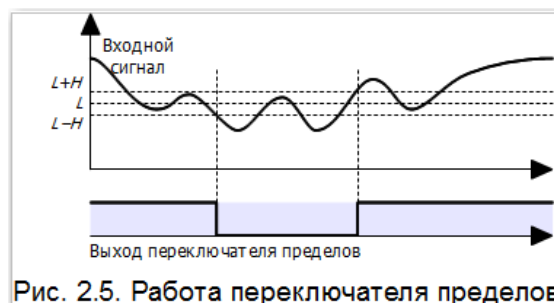


Рис. 2.5. Работа переключателя пределов

### 2.3.5 Цифровой выход

Управление цифровым выходом возможно на через выход RS485 или переключателем пределов. Рис. 2.5 Работа компаратора

### 2.3.6 Аналоговая характеристика

Входным сигналом блока формирования аналоговой характеристики является среднеквадратичное значение (RMS) измеряемого сигнала. Соответствие между измеренным значением и выходным током (напряжением) создается блоком аналоговой характеристики. Установка линейной характеристики возможна задачей нижнего и верхнего уровня насыщения. (рис. 2.6). Заданные значения сохраняются в таблице параметров.

Каждое значение, показанное на рисунке, может быть установлено отдельно, но в таблице параметров существуют наиболее распространенные заранее установленные конфигурации.

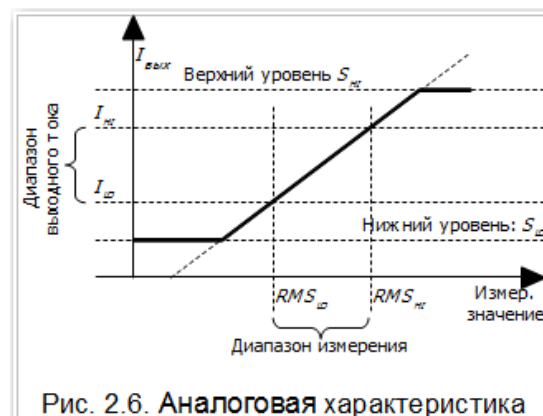


Рис. 2.6. Аналоговая характеристика

### 2.3.7 Аналоговый выход

Управление аналоговым выходом возможно через выход RS485 или на аналоговом выходе выдается значение тока, определенное блоком формирования аналоговой характеристики. Постоянные ошибки аналоговых цепей корректируется по формуле типа  $A \cdot x + B$  ( $A$  и  $B$  – постоянные калибровки).



## 2.4 Технические данные

Заданные значения справедливы в области  $T = -30..+50^{\circ}\text{C}$

Параметр	мин.	типичное	макс.	Условие/примечание
<b>Питание при низковольтном типе</b>				
▪ Напряжение питания AC [В]	19,2	24	28,8	
▪ Напряжение питания DC [В]	19,2	24	28,8	
▪ Потребляемый ток [мА] ▪ Потребляемая мощность [мВт]		110 2,6		$U_{пит}=24\text{В AC}$ Непрерывная коммуникация RS485 $I_{вых}=0$ на аналоговом выходе
▪ Потребляемый ток [мА] ▪ Потребляемая мощность [мВт]		120 2,9		$U_{пит}=24\text{В AC}$ Непрерывная коммуникация RS485 $I_{вых}=24$ мА на аналоговом выходе
<b>Питание для типа 100...230В</b>				
▪ Напряжение питания AC [В]	70		265	Снабжение защитой surge согласно EN61000-4-5
▪ Напряжение питания DC [В]	100		265	Питание DC должно быть свободным от переходных процессов индуктивного переключения!
▪ Потребляемый ток [мА] ▪ Потребляемая мощность [мВт]		20 2,2		$U_{пит}=230\text{В AC}$ Непрерывная коммуникация RS485 $I_{вых}=0$ на аналоговом выходе
▪ Потребляемый ток [мА] ▪ Потребляемая мощность [мВт]		22 2,5		$U_{пит}=230\text{В AC}$ Непрерывная коммуникация RS485 $I_{вых}=24$ мА на аналоговом выходе
<b>Вход напряжения</b>				
▪ Напряжение	0		$1,2 \cdot U_N$	См. также п. 2.1.1
▪ Перегрузочная способность			$2 \cdot U_N$	1 мин
▪ Ток нагрузки [мА]		0,5		$I_{вх} = U_N$
▪ Форма кривой		Периодическая		
▪ Частота [Гц]	47,5		52,5	
<b>Вход тока</b>				
▪ Ток	0		$1,2 \cdot I_N$	См. также п. 2.1.1
▪ Перегрузочная способность			$20 \cdot I_N$	Только для TIT-XXP2
▪ Напряжение на входе 1А [мВ]		15		$I_{вх} = 1\text{А}$ , устройство включено
▪ Напряжение на входе 5А [мВ]		25		$I_{вх} = 5\text{А}$ , устройство включено
▪ Форма кривой		Периодическая		
▪ Частота [Гц]	47,5		52,5	

Параметр	мин.	типичное	макс.	Условие/примечание
<b>Погрешность измерения, приведенная к верхнему пределу измерения</b>				
▪ Напряжение [%]			0,1	0,005...1,2 $U_N$
▪ Ток [%]			0,1	0,005..1,2 $I_N$ :ТИТ-ХХР2
▪ Ток [%]			0,2 0,5	При $I_N$ =50 или 100А ТИТ-НС При $I_N$ =1000А ТИТ-НС
▪ Время установки сигнала [мсек]			<b>60</b>	
<b>Гальваническая развязка</b>				
▪ Между выходами и остальными узлами [ $B_{RMS}$ ]			4000	50 Гц, до 1 мин
▪ Между блоком питания и входами [ $B_{RMS}$ ]			2500	
<b>Аналоговый выход</b>				
▪ Ток [мА]	0		24	
▪ Сопротивление нагрузки [ $\Omega$ ]			500	
▪ Погрешность [мА]			0,1	Без погрешности измерения
<b>Цифровой выход</b>				
▪ Допустимое напряжение [В]	-5		60	
▪ Выходной ток [мА]			300	
<b>Прочие параметры</b>				
▪ Габариты [мм <sup>3</sup> ]	53x90x60			
▪ Защищенность	IP20			
▪ Диапазон рабочих температур [°C]	-30		50	
▪ Соответствие стандарту	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ EN61000-4-2</li> <li>▪ EN61000-4-4</li> <li>▪ EN61000-4-5</li> <li>▪ EN61000-4-6</li> <li>▪ IEC255-22-3</li> <li>▪ EN60255-5</li> </ul>			

## 3. Коммуникация

### 3.1 Линия последовательной связи

Устройство обладает асинхронной последовательной линией коммуникации RS485. Параметры коммуникации:

Скорость коммуникации, устанавливаемая в таблице параметров:

- 9,6 кБод
- 19,2 кБод
- 28,8 кБод
- 38,4 кБод
- 57,6 кБод
- 115,2 кБод

8 битов данных

1 стоп бит

Паритет: нет, четный, нечетный

### 3.2 Протокол

#### 3.2.1 Используемые команды

В качестве протокола коммуникации, стандартом ModBus RTU исполняются команды: считывание регистров Holding (0x03) и запись в регистры Holding (0x10). Устройство работает в режиме slave. Его адрес может быть в интервале 1...249 (Может быть установлен в таблице параметров). Устройством исполняются также телеграммы, направленные по адресу 0x00 (broadcast), но при этом ответа не посылается.

Протокол, применяемый в устройстве, отличается от стандарта в следующих пунктах:

- Нет телеграммы ошибки. В следующих случаях устройство не отвечает:
  - CRC получает телеграмму с ошибкой
  - Получается телеграмма, содержащая неизвестный код команды
  - В случае записи в регистр, длина телеграммы не соответствует графе „число регистров”.
  - Если дается ссылка на несуществующий регистр:
    - В случае считывания регистра получается ответ 0xFFFF
    - В случае записи в регистр ничего не происходит.
- В случае команды 0x10 переписываются только регистры записи/считывания, однако телеграммы ошибки нет, если команда записи приходит на регистр, предназначенный только для считывания.

Если в полученной телеграмме сумма начального адреса регистра и номера регистра превышает 65536, то действие записи или считывания продолжается с регистра адреса 0, после обработки регистра 65535. (например, начиная с адреса 65534 в случае считывания 4 регистров ответная телеграмма будет содержать значения регистров в порядке 65534, 65535, 0, 1).

После любой коммуникации на линии RS485 необходимо обеспечить время ожидания 10мс до прихода следующей телеграммы.

Обработка полученной телеграммы, независимо от установленной скорости коммуникации, начинается после паузы передачи 5 мс после прихода последнего символа.

Длина буфера передачи/приёма 37 байтов, поэтому более длинные телеграммы не принимаются устройством. Поэтому число регистров, считываемых в одной телеграмме, может быть не более 16, а число записываемых регистров должно быть не более 14.

### 3.2.2 Структура телеграмм

Телеграммы имеют следующую структуру:

#### 3.2.2.1 Считывание регистров Holding

От начального адреса  $A$ , заданного параметром, направляется актуальное значение  $N$  штук регистров *holding*.

Запрос:

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

Ответ:

0	1	2	3... 2·N+2	2·N+3	2·N+4
Адрес устройства	Код команды: 0x03	Число параметрически х байтов (=2·N)	Актуальное содержание запрошенных регистров в порядке MSB,LSB	CRC MSB	CRC LCB

#### 3.2.2.2 Запись в регистры Holding

От начального адреса  $A$ , заданного параметром, переписывается значение  $N$  штук регистров *holding* (меняется лишь содержание регистров, служащих как для записи, так и для считывания).

Запрос:

0	1	2	3	4	5	6
Адрес устройства	Код команды: 0x10 (=2·N)	Адрес первого регистра, MSB(A)	Адрес первого регистра,, LSB(A)	Число регистров, MSB(N)	Число регистров, LSB(N)	Количество байтов параметра (=2·N)
7... 2·N+6		2·N+7	2·N+8			
Новое содержание регистров в порядке MSB,LSB		CRC MSB	CRC LSB			

Ответ:

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

### 3.2.2.3 Расчет CRC (код примера языка C)

```

/*=====*/
const unsigned char CRChi[256] =
{
    0x00,0xC1,0x81,0x40,0x01,0xC0,0x80,0x41,0x01,0xC0,0x80,0x41,0x00,0xC1,0x81,0x40,
    0x01,0xC0,0x80,0x41,0x00,0xC1,0x81,0x40,0x00,0xC1,0x81,0x40,0x01,0xC0,0x80,0x41,
    0x00,0xC1,0x81,0x40,0x01,0xC0,0x80,0x41,0x01,0xC0,0x80,0x41,0x00,0xC1,0x81,0x40,
    0x01,0xC0,0x80,0x41,0x00,0xC1,0x81,0x40,0x00,0xC1,0x81,0x40,0x01,0xC0,0x80,0x41,
    0x00,0xC1,0x81,0x40,0x01,0xC0,0x80,0x41,0x01,0xC0,0x80,0x41,0x00,0xC1,0x81,0x40,
    0x00,0xC1,0x81,0x40,0x01,0xC0,0x80,0x41,0x01,0xC0,0x80,0x41,0x00,0xC1,0x81,0x40,
    0x01,0xC0,0x80,0x41,0x00,0xC1,0x81,0x40,0x01,0xC0,0x80,0x41,0x01,0xC0,0x80,0x41,
    0x00,0xC1,0x81,0x40,0x01,0xC0,0x80,0x41,0x01,0xC0,0x80,0x41,0x00,0xC1,0x81,0x40,
    0x01,0xC0,0x80,0x41,0x00,0xC1,0x81,0x40,0x01,0xC0,0x80,0x41,0x01,0xC0,0x80,0x41,
    0x00,0xC1,0x81,0x40,0x01,0xC0,0x80,0x41,0x01,0xC0,0x80,0x41,0x00,0xC1,0x81,0x40,
    0x01,0xC0,0x80,0x41,0x00,0xC1,0x81,0x40,0x01,0xC0,0x80,0x41,0x01,0xC0,0x80,0x41,
    0x00,0xC1,0x81,0x40,0x01,0xC0,0x80,0x41,0x01,0xC0,0x80,0x41,0x00,0xC1,0x81,0x40
};
/*-----*/
const unsigned char CRClo[256] =
{
    0x00,0xC0,0xC1,0x01,0xC3,0x03,0x02,0xC2,0xC6,0x06,0x07,0xC7,0x05,0xC5,0xC4,0x04,
    0xCC,0x0C,0x0D,0xCD,0x0F,0xCF,0xCE,0x0E,0x0A,0xCA,0xCB,0x0B,0xC9,0x09,0x08,0xC8,
    0xD8,0x18,0x19,0xD9,0x1B,0xDB,0xDA,0x1A,0x1E,0xDE,0xDF,0x1F,0xDD,0x1D,0x1C,0xDC,
    0x14,0xD4,0xD5,0x15,0xD7,0x17,0x16,0xD6,0xD2,0x12,0x13,0xD3,0x11,0xD1,0xD0,0x10,
    0xF0,0x30,0x31,0xF1,0x33,0xF3,0xF2,0x32,0x36,0xF6,0xF7,0x37,0xF5,0x35,0x34,0xF4,
    0x3C,0xFC,0xFD,0x3D,0xFF,0x3F,0x3E,0xFE,0xFA,0x3A,0x3B,0xFB,0x39,0xF9,0xF8,0x38,
    0x28,0xE8,0xE9,0x29,0xEB,0x2B,0x2A,0xEA,0xEE,0x2E,0x2F,0xEF,0x2D,0xED,0xEC,0x2C,
    0xE4,0x24,0x25,0xE5,0x27,0xE7,0xE6,0x26,0x22,0xE2,0xE3,0x23,0xE1,0x21,0x20,0xE0,
    0xA0,0x60,0x61,0xA1,0x63,0xA3,0xA2,0x62,0x66,0xA6,0xA7,0x67,0xA5,0x65,0x64,0xA4,
    0x6C,0xAC,0xAD,0x6D,0xAF,0x6F,0x6E,0xAE,0xAA,0x6A,0x6B,0xAB,0x69,0xA9,0xA8,0x68,
    0x78,0xB8,0xB9,0x79,0xBB,0x7B,0x7A,0xBA,0xBE,0x7E,0x7F,0xBF,0x7D,0xBD,0xBC,0x7C,
    0xB4,0x74,0x75,0xB5,0x77,0xB7,0xB6,0x76,0x72,0xB2,0xB3,0x73,0xB1,0x71,0x70,0xB0,
    0x50,0x90,0x91,0x51,0x93,0x53,0x52,0x92,0x96,0x56,0x57,0x97,0x55,0x95,0x94,0x54,
    0x9C,0x5C,0x5D,0x9D,0x5F,0x9F,0x9E,0x5E,0x5A,0x9A,0x9B,0x5B,0x99,0x99,0x59,0x58,0x98,
    0x88,0x48,0x49,0x89,0x4B,0x8B,0x8A,0x4A,0x4E,0x8E,0x8F,0x4F,0x8D,0x4D,0x4C,0x8C,
    0x44,0x84,0x85,0x45,0x87,0x47,0x46,0x86,0x82,0x42,0x43,0x83,0x41,0x81,0x80,0x40
};
/*=====*/
void CRC16(void *Buff, int Len, unsigned char *HI, unsigned char *LO, int Init)
{
    int i;
    unsigned char index;

    if ( Init )
    {
        *HI = 0xFF;
        *LO = 0xFF;
    };
    for ( i = 0; i < Len; i++ )
    {
        index = *HI ^ ((unsigned char *)Buff)[i];
        *HI = *LO ^ CRChi[index];
        *LO = CRClo[index];
    };
};
/*=====*/Modbus

```

## 4. ModBus, регистры holding

В этой главе можно найти список регистров ModBus устройства. Обзорная информация о работе отдельных узлов устройства дается в главе 2. Полная же информация дается совместно в данной главе и главе 2.

Обозначение (R) в первом столбце таблиц, рядом с адресом регистра указывает на то, что регистр является только считываемым, значение же обозначения (RW) – регистр служит как для считывания, так и для записи.

Тип данных, считываемых из регистра: 16-битное целое число без знака, за исключением случая, когда указан другой тип. 32-битные типы, занимающие по два регистра, (32-битный *integer* и 32-битный *IEEE float*) всегда должны быть истолкованы так, что в регистре с более низким адресом содержится нижнее 16-битное слово (*Least Significant Word*).

### 4.1 Электронная таблица данных

Адрес/тип	Название	Содержание
0x0000 (R)	Тип исполнения	<ul style="list-style-type: none"> <li>Биты 15...8: Тип устройства</li> <li>Биты 7..4: Тип выхода</li> <li>Биты 3-0: Тип входа:</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>0x0B: TITxxP 2</li> <li>ANA_OUT_A: токовый</li> <li>ANA_OUT_V: напряжение</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>0x3: 100В/√3</li> <li>0x4: 100В, (10В)</li> <li>0x5: 200В/√3</li> <li>0x6: 400В/√3</li> <li>0x7: 400В</li> <li>0x8: 200В</li> <li>0xA: 1А/5А</li> </ul>
0x0001 (R)	Версия хардвера	<ul style="list-style-type: none"> <li>Байт MS: Главная версия (BCD)</li> <li>Байт LS: Дополнительная версия (BCD)</li> </ul>
0x0002 (R)	Не используется	
0x0003 (R)	Версия софтвера	<ul style="list-style-type: none"> <li>Байт MS: Главная версия (BCD)</li> <li>Байт LS: Дополнительная версия (BCD)</li> </ul>
0x0004 (R)	Не использовано	
0x0005... 0x000F (R)	Заводской номер	22 байта, строка 0-terminal. Байт LS регистров содержит символ с меньшим порядковым номером.

### 4.2 Измеренное значение RMS

Адрес/тип	Название	Содержание
0x0010 (R)	Номинальное значение измерения: <i>NOM</i>	32-битное значение IEEE float Значение, зависимое от типа устройства и коэффициента, установленного в таблице параметров
0x0011 (R)		
0x0012 (R)	Измеренное значение: <i>RMS</i>	32-битное значение IEEE float Соответственно: <ul style="list-style-type: none"> <li>Для измерителя тока TIT [A]</li> <li>Для измерителя напряжения TIT [V]</li> </ul>
0x0013 (R)		
0x0014 (R)	Значение THD: <i>RMS</i>	32-битное значение IEEE float Коэффициент искажения измеряемого сигнала в % отношении к основной гармонике
0x0015 (R)		
0x0016 (R)	Основная гармоника: <i>RMS</i>	32-битное значение IEEE float Среднеквадратичное значение основной гармоники измеряемого сигнала Соответственно: <ul style="list-style-type: none"> <li>Для измерителя тока TIT [A]</li> <li>Для измерителя напряжения TIT [V]</li> </ul>
0x0017 (R)		

### 4.3 Регистры состояния устройства и регистр ошибок

Адрес/тип	Название	Содержание
0x0020 (R)	Регистры состояния устройств	<b>Бит 0:</b> Превышение верхнего предела входного сигнала <b>Бит1...31:</b> bit: Не использовано
0x0021 (R)		
0x0022 (R)	Регистр ошибок	<b>Бит0:</b> При считывании данных устройства произошла ошибка CRC <b>Бит 1:</b> При считывании таблицы данных произошла ошибка CRC <b>Бит 2:</b> Произошло срабатывание WatchDog. <b>Бит 3:</b> Софтвэр не мог выполнить часть задач управления в заданный промежуток времени из-за перегрузки процессора. <b>Бит 4:</b> Софтвэр не мог обработать часть выборок, полученных от А/Ц преобразователя из-за перегрузки процессора: произошла потеря данных. <b>Бит 5:</b> Ошибка памяти EEPROM. <b>Бит 6:</b> Ошибка DA <b>Бит 7:</b> Ошибка трассы I2C <b>Бит 8:</b> Ошибка коэффициента передачи (ошибочный параметр, см. п. 4.6.3.2) <b>Бит 9:</b> Ошибка переключателя пределов (ошибочный параметр, см. п. 4.6.3.3) <b>Бит 10:</b> Ошибка аналоговой выходной характеристики (ошибочный параметр, см. п. 4.6.3.5) <b>Бит 11:</b> Ошибка значения калибровки (ошибочный параметр, см.: п. 4.6.3.7) <b>Бит 12:</b> Ошибка памяти EEPROM внешнего трансформатора тока (TIT-НС) <b>Бит 13:</b> Ошибка калибровочных данных внешнего трансформатора тока (TIT-НС) <b>Биты 14...31:</b> Не использованы
0x0023 (R)		

### 4.4 Регистры управления выходом

Адрес/тип	Название	Содержание
0x0030 (RW)	Значение аналогового выхода [mA]	32-битное значение IEEE float Значение тока на аналоговом выходе Если источником сигнала аналогового выхода является не C_NONE (см.: 4.6.3.6), этот регистр непрерывно обновляется блоком управления аналоговым выходом, поэтому запись не работает. Если источник сигнала C_NONE, то управление аналоговым выходом возможно путём записи в этот регистр.
0x0031 (RW)		
0x0032 (RW)	Состояние выхода с открытым коллектором	Состояние выхода: <input type="checkbox"/> <b>0x0000:</b> Выход закрыт <input type="checkbox"/> <b>0x0001:</b> Выход открыт Если источником сигнала аналогового выхода является не C_NONE (см.: 4.6.2.4), этот регистр непрерывно обновляется блоком управления аналоговым выходом, поэтому запись не работает. Если источник сигнала C_NONE, то управление аналоговым выходом возможно путём записи в этот регистр.

### 4.5 Регистр Reset

Адрес/тип	Название	Содержание
0x0038 (RW)	Регистр Reset	Возможные команды: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>0x0001:</b> Перезапуск устройства</li> </ul>

### 4.6 Таблица параметров

При пуске устройства таблица параметров из памяти EEPROM записывается в RAM. При записи производится проверка CRC. В случае ошибки все параметры устанавливаются в исходные значения. Через регистры данных таблицы параметров доступны значения, записанные в RAM. Сохранение данных в EEPROM производится соответствующей командой, записанной в регистр команд таблицы параметров. Изменение немедленно актуализуется после записи в регистр данных. Исключением являются параметры коммуникации,

изменяемые лишь при повторном пуске устройства.

#### 4.6.1 Таблица параметров внешнего трансформатора (сенсора), только в случае ТИТ-НС

Адрес/тип	Название	Содержание
0x0040 (R)	Тип внешнего трансформатора тока	16 битное значение <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>0x0000.</b> Нет внешнего трансформатора или не указан номинальный ток</li> <li>▪ <b>0x0002.</b> Подключен внешний сенсор на 50А</li> <li>▪ <b>0x0003.</b> Подключен внешний сенсор на 100А</li> <li>▪ <b>0x0004.</b> Подключен внешний сенсор на 500А</li> <li>▪ <b>0x0005.</b> Подключен внешний сенсор на 1000А</li> </ul>
0x0041 (R)	Калибровочный данные внешнего сенсора	32 битное значение float
0x043 (R)		

Тип сенсора записан в EEPROM сенсора или, если сенсор не содержит EEPROM, в таблицу параметра, относящуюся к сенсору.

#### 4.6.2 Регистр команд таблицы параметров

Адрес/тип	Название	Содержание
0x0060 (RW)	Регистр команд таблицы параметров	Его значение равно <b>0x0000</b> или <b>0xFFFF</b> , если таблица параметров готова к приёму команды. После исполнения команд, указанных ниже, значение регистра будет <b>0x0000</b> . При недействительном командном коде его значение будет <b>0xFFFF</b> , что означает отклонение исполнения команды. Коды команд: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>0x0001:</b> Сохранение параметров в памяти EEPROM</li> </ul>

#### 4.6.3 Регистры данных таблицы параметров

##### 4.6.3.1 Установки коммуникации

Адрес/тип	Название	Содержание
0x0070 (RW)	Адрес ModBus и скорость коммуникации	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>Байт MS:</b> Baudrate               <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>0x01:</b> 9 600</li> <li>▪ <b>0x02:</b> 19 200</li> <li>▪ <b>0x03:</b> 28 800</li> <li>▪ <b>0x04:</b> 38 400</li> <li>▪ <b>0x06:</b> 57 600</li> <li>▪ <b>0x0C:</b> 115 200</li> <li>По умолчанию: 38 400</li> </ul> </li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>Байт LS:</b> Адрес ModBus               <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>1...249</b></li> <li>По умолчанию: 16</li> </ul> </li> </ul>

Для актуализации параметров коммуникации нужно записать таблицу параметров в память EEPROM с целью сохранения, затем производить повторный пуск устройства.

Если актуальные установки коммуникации устройства неизвестны, то есть коммуникация с ним невозможна, то после удаления крышки устройства необходимо замкнуть накоротко клеммы J2 на плате процессора, затем производить повторный пуск устройства. Тогда устройство пускается заново с первоначальными параметрами коммуникации (в таблице параметров по-прежнему содержатся актуальные установки).

**Внимание! Удаление крышки приводит к потере гарантии на устройство!!**



#### 4.6.3.2 Установки измерения

Адрес/тип	Название	Содержание
0x0071 (RW) 0x0072 (RW)	Коэффициент трансформации измерительного трансформатора	32 битное значение IEEE float Если его значение – неистолкуемое действительное число (NaN, inf... и т.п.) или не попадает в область $10^{-3}...10^9$ , то регистр ошибки выдает сигнал ошибки, и принимается значение 1.0. Соответственно: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Для TIT измерителя тока [A/A]</li> <li>▪ Для TIT измерителя напряжения [V/V]</li> </ul>
0x073 (RW)	Выбор режима измерения тока	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>0x0000</b>: Режим 1A</li> <li>▪ <b>0x0001</b>: Режим 5A</li> </ul>

#### 4.6.3.3 Установки переключателя пределов

Адрес/тип	Название	Содержание
0x0074 (RW)	Режим	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>Бит15</b>: Инвертирование</li> <li>▪ <b>0x0</b>: Не инвертировано</li> <li>▪ <b>0x1</b>: инвертировано</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>Биты 14...8</b>: Не использовано</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>Биты 7...0</b>: Источник сигнала</li> <li>▪ <b>C_NONE</b>: выключено</li> <li>▪ <b>C_MS_RMS</b>: значение RMS</li> </ul>
0x0075 (RW) 0x0076 (RW)	Предел L [%]	32 битные значения float (с плавающей запятой) В процентах от номинального значения (с учетом коэффициента трансформации измерительного трансформатора) Следующие условия должны быть выполнены, иначе регистр ошибок выдает сигнал ошибки (п.4.3) и переключатель пределов не работает. <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Оба являются действительными числами (ни одно из них не NaN, inf... и т.п.)</li> <li>▪ <math>0 \leq L \leq 200</math></li> <li>▪ <math>0 \leq H \leq 10</math></li> </ul>
0x0077 (RW) 0x0077 (RW)	Гистерезис H [%]	
0x0078 (RW)		

#### 4.6.3.4 Установки дискретного выхода

Адрес/тип	Название	Содержание
0x0079 (RW)	Установки дискретного выхода	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>Биты 15...4</b>: Не использовано</li> <li>▪ <b>Биты 3...0</b>: Источник сигнала</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>C_NONE</b>: Нет источника, выход управляется через регистр команд (п.4.4)</li> <li>▪ <b>C_DS_LIMITER</b>: Переключатель пределов</li> <li>▪ (константы см.: п. 4.6.3)</li> </ul>

#### 4.6.3.5 Установка характеристики аналоговых выходов

Адрес/тип	Название	Содержание	
0x007A(RW)	Режим	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Биты 15...12:</b> Источник сигнала</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>C_NONE:</b> выключено</li> <li><b>C_MS_RMS:</b> значение RMS (константы см.: п. 4.6.3)</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Биты 11...8:</b> Диапазон выходного сигнала</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>0x0:</b> 0...5mA</li> <li><b>0x1:</b> 0...20mA</li> <li><b>0x2:</b> 4...20mA</li> <li><b>0xF:</b> Область, заданная в регистрах 0x007F...0x0086</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Биты 7...4:</b> Диапазон измеряемого значения</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>0x0:</b> 0...<math>RMS_{ном}</math>.</li> <li><b>0x1:</b> 0...<math>1,2 \cdot RMS_{ном}</math></li> <li><b>0xF:</b> Значение, заданное в регистрах 0x007B...0x007E</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>Не использовано</li> </ul>	
0x007B (RW)	Нижний предел измеряемого значения $RMS_{LO}$ [%]	32-битные значения float (с плавающей запятой) Номинальное значение (с коэффициентом трансформации трансформатора) заданное в процентах. Их значение учитывается только, если значение битов 4...7 регистра Режима равно 0xF.. Следующие условия должны быть выполнены, иначе регистр ошибок выдает сигнал ошибки (п.4.3) и аналоговая характеристика не работает. <ul style="list-style-type: none"> <li>Оба являются действительными числами (ни одно из них не NaN, inf... и т.п..)</li> <li><math>0 \leq RMS_{LO} &lt; 200</math></li> <li><math>0 &lt; RMS_{HI} &lt; 200</math></li> <li><math>RMS_{LO} + 0.1 \leq RMS_{HI}</math></li> </ul>	
0x007C (RW)			
0x007D (RW)			
0x007E (RW)			
0x007F (RW)	Нижняя граница заданного диапазона выходного тока/напряжения $V_{LO}$ [mAV]	32-битные значения float (с плавающей запятой). Их значение учитывается, только если значение битов 8...11 регистра режима равно 0xF. Следующие условия должны быть выполнены, иначе регистр ошибок выдает сигнал ошибки и аналоговая характеристика не работает. <ul style="list-style-type: none"> <li>Каждый из них является действительным числом (ни одно из них не NaN, inf... и т.п..)</li> <li>В зависимости от выхода должны соответствовать условиям, приведенным в таблице</li> </ul>	
0x0080 (RW)			
0x0081 (RW)	Верхняя граница заданного диапазона выходного тока/напряжения $V_{HI}$ [mAV]	<ul style="list-style-type: none"> <li><math>0mA \leq I_{LO}</math> и <math>I_{HI} \leq 24mA</math></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><math>0V \leq U_{LO}</math> и <math>U_{HI} \leq 12V</math></li> </ul>
0x0082 (RW)			
0x0083 (RW)	Минимальный выходной ток/напряжение $S_{LO}$ [mAV]	<ul style="list-style-type: none"> <li><math>I_{LO} + 1mA \leq I_{HI}</math></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><math>U_{LO} + 1V \leq U_{HI}</math></li> </ul>
0x0084 (RW)		<ul style="list-style-type: none"> <li><math>0mA \leq S_{LO}</math> и <math>S_{HI} \leq 24mA</math></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><math>0V \leq S_{LO}</math> и <math>S_{HI} \leq 12V</math></li> </ul>
0x0085 (RW)	Максимальный выходной ток/напряжение $S_{HI}$ [mAV]	<ul style="list-style-type: none"> <li><math>S_{LO} + 1mA \leq S_{HI}</math></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><math>S_{LO} + 1V \leq S_{HI}</math></li> </ul>
0x0086 (RW)			

Выходной ток из значений, приведённых выше ( $RMS$ : измеренный сигнал в процентах от номинального значения):

$$I_{LN} = \frac{RMS - RMS_{LO}}{RMS_{HI} - RMS_{LO}} \cdot (I_{HI} - I_{LO}) + I_{LO}$$

$$I_{KI} = \begin{cases} S_{LO} & \text{если } I_{LN} < S_{LO} \\ S_{HI} & \text{если } S_{HI} < I_{LN} \\ I_{LN} & \text{иначе} \end{cases}$$

#### 4.6.3.6 Установка аналогового выхода

Адрес/тип	Название	Содержание	
0x0087 (RW)	Установки аналогового выхода	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>Биты 15...4:</b> Не используются</li> <li>▪ <b>Биты 3..0:</b> Источник сигнала</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>C_NONE:</b> Нет источника, выход управляется через регистр команд (п.4.4)</li> <li>▪ <b>C_AS_ANA_CHAR:</b> Аналоговая характеристика (константы см. в п. 4.6.3)</li> </ul>

## 4.7 Установки по умолчанию

При заказе преобразователей можно указать требуемые параметры: диапазон сигнала на аналоговом выходе, уровень срабатывания переключателя пределов и гистерезис, адрес устройства и другие параметры коммуникации: скорость, паритет, количество stop битов. В случае ТИТ-ХХР2 для измерения тока можно указать желаемое номинальное значение: 1А или 5А. Если при заказе параметры не были заданы, то при производстве устанавливаются следующие значения:

номинальное значение по току (ТИТ-1/2ХР2)	5А,
аналоговый выход:	4 – 20мА
адрес	32
скорость коммуникации	38400
паритет	нет паритета
количество bit данных	8
Stopbit	1

Установки, сделанные в процессе производства, указаны на боковом шильдике преобразователя

Перечисленные параметры можно изменить с помощью программы VERA. Эта программа служит для установки параметров, отслеживания текущих значений и считывания сохраненных значений всех интеллектуальных преобразователей производства VERTESZ. Программу VERA и руководство пользователя программы можно скачать с сайта

<http://www.vertesz.ru/support/software/>. Скачивание программы VERA возможно только при занесении пароля. Запрос посылайте на [vertesz@vertesz.hu](mailto:vertesz@vertesz.hu)

## 5. Эксплуатация преобразователя.

**ВНИМАНИЕ!** Перед началом монтажа и эксплуатации устройство необходимо внимательно изучить требования настоящего РЭ и сопутствующих нормативных документов (ПУЭ; ПТЭ; Межотраслевых правил по техники 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 техники 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.

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

Преобразователь защёлкивается на рейке типа TS-35. Для демонтажа достаточно отвести защёлку несущего каркаса.

### 5.3 Подключение.

Подключение преобразователя производится согласно схем, приведённых в данном документе.

Монтаж рекомендуется выполнять гибким монтажным проводом сечением 0,75...1,5 мм<sup>2</sup> (например, ПВ 3-1\*0,75; ПВ 3-1\*1,0; ПВ 3-1\*1,5, или аналогичным). Концы проводов, предназначенные для подключения к входным клеммам реле времени, необходимо отпрессовать гильзами-наконечниками с изолированным стопором.

Выход RS-485 рекомендуется выполнить экранированным кабелем. Экраны кабелей необходимо соединить в одной точке, на стороне приёмного устройства. Общую точку экранов необходимо подключить к контуру заземления информационной системы. В конце цепочки RS-485 необходимо установить закрывающее сопротивление.

**Запрещается** заземлять экраны измерительных линий на общепромышленный контур заземления!

### 5.4 Включение в работу.

После завершения монтажа и подключения необходимо убедиться в правильности монтажа. После подачи питания преобразователь готов к работе. В процессе

эксплуатации, дополнительная настройка и калибровка преобразователя – не требуется.

## 6. ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ И ХРАНЕНИЕ.

Транспортирование преобразователя в заводской упаковке допускается всеми видами транспорта, при условии защиты от атмосферных осадков и механических повреждений. На самолётах реле времени 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 ГАРАНТИИ ИЗГОТОВИТЕЛЯ.

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

Гарантийный срок реле времени – 12 месяцев, считая с даты продажи.

Со всеми предложениями по улучшению эксплуатационных характеристик или претензиями по качеству реле времени необходимо обращаться в сервисную службу разработчика:

VERTESZ Elektronika (русский, английский языки)

Тел: (361) 248-2340, 248-2342

Адрес: H-1225 Budapest, Nagytétényi út 169. Hungary

[vertesz@vertesz.hu](mailto:vertesz@vertesz.hu), [kapasne@vertesz.hu](mailto:kapasne@vertesz.hu).

## 8. Приложение

### 8.1 . Выборка

Предотвращение наложения проще всего может быть решено с помощью А/Ц преобразователя, работающего по принципу  $\Sigma/\Delta$  (что следует из принципа работы). В устройстве используется А/Ц преобразователь с постепенным приближением, интегрированный в DSP.

При расчете RMS, для достижения необходимой точности, компоненты наложения должны быть подавлены величиной не менее 50dB. Поскольку  $F_S/2=1600$  Гц, частота самого большого компонента равна 1550 Гц. На эту частоту в ходе выборки накладывается компонент 1650 Гц. Это значит, что требовалось бы аналоговый фильтр, имеющий на частоте 1550 Гц передачу минимально почти 1, а на частоте 1650 Гц не более -50dB. Очевидно, что изготовить аналоговый фильтр с такой крутизной очень трудно.

Поэтому при помощи А/Ц преобразователя устройства производится выборка входов частотой  $F_{SAD}=12800$  Гц. Наложение частот в этом случае происходит согласно рис. 5.1.

Таким образом, наименьшая частота, перекрываемая в полосу 0...1600Hz, равна  $F_{SAD}-1600$  Гц=11200 Гц.

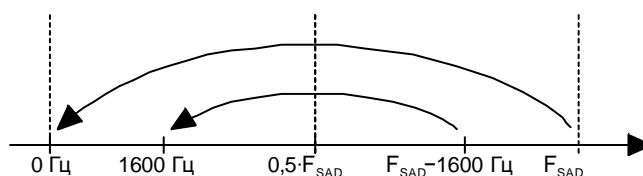


Рис. 5.1. Наложение частот

Таким образом, нужен фильтр, пропускающий область 0...1600 Гц с небольшой погрешностью, а выше 11200 Гц обеспечивающий подавление, превышающее 50dB. Поэтому в устройстве установлен фильтр Butterworth четвертого порядка, имеющий точку перелома при частоте 2500 Гц. Передача на частоте 1600 Гц: 0.99, а на частоте 11200 Гц: -52dB.

Таким образом, передаваемая из А/Ц преобразователя серия импульсов, получаемая в результате выборки частотой  $F_{SAD}=12800$  Гц, в области 0...1600 Гц может считаться без наложения. Встроенная программа с помощью фильтра 64-ой степени отфильтровывает составляющие выше 1600 Гц (в диапазоне 0 ...1300Гц характеристика фильтра  $1\pm 0,002$ , выше 1900 Гц подавление 54dB. Затем, сохраняя каждый четвертый элемент выборки, получим для измерения серию импульсов частотой выборки  $F_S=3200$  Гц (децимализация). Таким образом, этот сигнал содержит информацию в области 0...1600 Гц (31 гармоника сигнала сети 50 Гц).