



**ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ  
НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ  
«ВИБРОБИТ»**

**АППАРАТУРА «ВИБРОБИТ 300»**

**Инструкция по настройке модуля контроля МК11**  
(с версией ПО модуля от 2.00)

**ВШПА.421412.3011 И2**

Тел/Факс +7 863 218-24-75  
Тел/Факс +7 863 218-24-78  
info@vibrobit.ru  
www.vibrobit.ru

Инструкция по настройке модуля МК11 предназначена для ознакомления пользователей (потребителей) с основными принципами работы и методами настройки модуля контроля постоянных сигналов МК11 аппаратуры «ВИБРОБИТ 300» с версией программного обеспечения от 2.00.

***Данный документ является дополнением к  
ВШПА.421412.300 РЭ «Аппаратура «ВИБРОБИТ 300» Руководство по эксплуатации».***

ООО НПП «ВИБРОБИТ» оставляет за собой право замены отдельных деталей и комплектующих изделий без ухудшения технических характеристик изделия.

*Microsoft и Windows являются зарегистрированными торговыми марками Microsoft Corporation.*  
Редакция 2 от 03.06.2019

## Содержание

Общие сведения.....	4
Включение питания, сброс модуля МК11.....	8
Включение питания.....	8
Сброс модуля.....	8
«Холодный старт» модуля.....	9
Средства индикации и управления.....	10
Вариант МК11-DC-R2.....	10
Вариант МК11-DC-11-R2(-AO) и МК11-AC-11-S-R2(-AO).....	11
Работа модуля.....	13
Измерение тока датчика.....	13
Измерения значения параметра.....	15
Унифицированный выход.....	18
Режим 'Тест'.....	18
Рекомендации по калибровке модуля.....	19
Логические выходы.....	22
Цифровые интерфейсы управления.....	23
Интерфейс RS485.....	23
Интерфейс CAN2.0B.....	26
Ведомый интерфейс I2C.....	27
Параметры настройки и текущее состояние модуля (таблицы адресов).....	28
Значения параметров после «холодного старта» модуля.....	36
Программное обеспечение.....	38
Техническое обслуживание.....	39
Приложения.....	40
А. Расположение органов регулировки.....	40
Б. Назначение контактов разъема Х4.....	42
В. Пример настройки модуля для измерения осевого сдвига ротора.....	43

## Общие сведения

Модуль МК11 предназначен для измерения и контроля линейных смещений, сигналов постоянного тока по 2-м независимым каналам измерения, выполняет функции сигнализации и защитного отключения оборудования.

Основные функции МК11:

- Измерение постоянного уровня сигнала по 2-м независимым каналам измерения с функцией контроля исправности датчика;
- Автоматическое переключение индикации на отображение основного измеряемого параметра (канал 1);
- Четыре уставки по каждому каналу измерения с индивидуальным выбором режима работы каждой уставки;
- Два унифицированных токовых выхода;
- Режим проверки работы каналов измерения и элементов сигнализации, защитного отключения;
- Восемь логических выходов с возможностью непосредственного подключения обмоток реле сигнализации и защитного отключения;
- Поддержка цифровых интерфейсов связи:
  - два независимых интерфейса RS485 с протоколом Modbus RTU;
  - интерфейс CAN2.0B;
  - диагностический интерфейс;
- Возможность питания от источника постоянного тока +24В и переменного тока 85 – 240В 50Гц (в зависимости от варианта исполнения модуля).

В основе МК11 лежит высокопроизводительный 8-разрядный микроконтроллер, применение которого позволило параллельно обрабатывать сигналы с нескольких каналов измерения, объединить в одном модуле большое число функций и поддерживать современные цифровые интерфейсы управления.

Модуль МК11 работает в режиме реального времени с периодичностью обновления результатов измерения 50мс. Модуль МК11 выполняет следующие основные операции:

- Измеряет постоянный уровень сигнала по каналам измерения;
- Вычисляет ток датчика и контролирует исправность датчика;
- Вычисляет реальные значения измеряемого параметра;
- Сравнивает вычисленные значения параметра с уставками и сигнализирует о выходе за уставки;
- Передает измеренные значения на унифицированные выходы;
- Формирует логическую сигнализацию;
- Поддерживает обмен данными по цифровым интерфейсам связи;
- Выдает на индикацию измеренные значения и обрабатывает нажатие кнопок пользователем.

В модуле МК11 реализована упрощенная методика калибровки входных каналов измерения и унифицированных токовых выходов, которая позволяет без выполнения повторной калибровки (или перерасчета коэффициентов) сменить диапазон измерения параметра или диапазон унифицированного выхода.

Конструкция модуля МК11 позволяет проверить работу всего измерительного тракта модуля и работу логических выходов. Управление проверкой каналов измерения модуля МК11 осуществляется с помощью кнопок на лицевой панели модуля или командами по цифровым интерфейсам связи.

Восемь логических выходов с открытым коллектором (ОК – низкий активный уровень) предоставляют пользователю возможность настроить функциональное назначение каждого из выходов.

Все настройки режимов работы модуля МК11 осуществляются с помощью персонального компьютера или специализированного прибора наладчика ПН31. Для настройки модуля МК11 с помощью персонального компьютера на компьютере должна быть запущена программа ModuleConfigurator, модуль МК11 должен быть подключен к компьютеру через плату диагностического интерфейса MC01 USB (интерфейс USB).

Перечень вариантов исполнения модуль контроля МК11 представлен в таблице 1.

Таблица 1 Варианты исполнения модуля контроля МК11

Код исполнения	Обозначение	Примечание
МК11-DC-R2		Ограниченная система индикации, лицевая панель 20мм. Настройка, просмотр измеренных значений и состояния модуля возможно только по цифровым интерфейсам связи.
МК11-DC-11-R2	ВШПА.421412.3011-10	Расширенная система индикации и управления, лицевая панель 40мм, питание модуля осуществляется постоянным током +24В. На лицевой панели модуля расположен 7-сегментный цифровой индикатор, дополнительные светодиоды индикации и управляющие кнопки.
МК11-DC-11-R2-AO2	ВШПА.421412.3011-20	Аналогично МК11-DC-11-R2 за исключением наличия двух гальванически изолированных унифицированных активных токовых выхода.
МК11-AC-11-S-R2	ВШПА.421412.3011-11	Данный вариант аналогичен предыдущему, за исключением того, что питание осуществляется от сети переменного тока 85 – 240В 50Гц, а на лицевой панели модуля расположен тумблер включения питания. Данный вариант исполнения особенно выгоден, когда по условиям проекта требуется индивидуальный источник питания для каждого канала измерения механических величин, например, построение схемы контроля осевого сдвига ротора.
МК11-AC-11-S-R2-AO2	ВШПА.421412.3011-21	Аналогично МК11-AC-11-S-R2 за исключением наличия двух гальванически изолированных унифицированных активных токовых выхода.

Предусмотрено питание датчиков с модуля МК11 через самовосстанавливающий предохранитель 200мА.

В варианте МК11-AC-11-S-R2, МК11-AC-11-S-R2-AO2 второй канал измерения может использоваться для контроля уровня питающего напряжения +24В датчика и самого модуля.

Конструктивно МК11 выполнен в виде модуля 3U для каркасов типа «Евромеханика» 19».

Таблица 2 Технические характеристики модуля контроля МК11

Наименование параметра	Значение
Количество каналов измерения	2
Диапазон измерения и сигнализации смещений (от и до включ.), (S), мм	Определяется параметрами настройки модуля
Диапазоны измерения и сигнализации входного сигнала: - постоянного тока, мА - постоянного напряжения, В	1 – 5; 4 – 20 0,76 – 3,84
Входное сопротивление, Ом - постоянного тока - постоянного напряжения	768 ± 2; 191 ± 0.5 не менее 10 000
Пределы допускаемой основной относительной погрешности измерения, % - по цифровому индикатору - по унифицированному сигналу	±1,0 ±1,0
Время обновления показаний, с	0,25
Время расчета параметра и обновления логических выходов, с	0,05
Количество выходных унифицированных сигналов постоянного тока	2
Выходной унифицированный сигнал постоянного тока, мА	1 – 5; 4 – 20
Сопротивление нагрузки выходного унифицированного сигнала, Ом, не более	500
Рабочее напряжение гальванической изоляции унифицированного сигнала (вариант исполнения АО), В, не более:	400 <sup>1)</sup>
Количество уставок по каждому каналу измерения	4
Количество дискретных выходов модуля	8
Выходные дискретные сигналы модуля - тип - постоянное напряжение, В, не более - ток выхода, мА, не более	Открытый коллектор (ОК) 24 100
Типы поддерживаемых цифровых интерфейсов связи	RS485 (Modbus RTU) CAN2.0B диагностический I2C
Диапазон рабочей температуры окружающего воздуха (от и до включ.), °С	+5 – +45
Напряжение питания - для вариантов МК11-AC-11-S-R2, МК11-AC-11-S-R2-AO2 - остальные варианты	85 – 240/50 Гц +(24 ± 1.0)
Ток потребления МК11 по цепи +24 В, мА, не более (без учета тока потребления датчика и других внешних цепей)	100
Суммарный ток потребления по цепи +24 В, мА, не более (для вариантов МК11-AC-11-S-R2, МК11-AC-11-S-R2-AO2 с учетом всех подключенных нагрузок)	320

Примечания: 1. Напряжение приложенное между любыми гальванически изолированными цепями, либо шиной заземления и любой гальванически изолированной цепью. Значения приведены для нормальных условий, согласно ГОСТ Р 53429-2009.

Таблица 3. Дополнительные характеристики МК11

Наименование параметра	Значение
Габаритные размеры, мм	
- вариант МК11-DC-R2	20.1 x 130 x 190
- вариант МК11-DC-11-R2, МК11-DC-11-R2-AO2	40.3 x 130 x 190
- вариант МК11-AC-11-S-R2, МК11-AC-11-S-R2-AO2	
Масса, кг, не более	
- вариант МК11-DC-R2	0.15
- вариант МК11-DC-11-R2, МК11-DC-11-R2-AO2	0.20
- вариант МК11-AC-11-S-R2, МК11-AC-11-S-R2-AO2	0.30
Время готовности (прогрева), мин, не более	1
Режим работы	непрерывный
Средний срок службы, лет	10
Средняя наработка на отказ (расчетное), часов, не менее	100000
Допустимая относительная влажность, %	80 при темп. +35°C
Сопротивление изоляции в цепях ~220В, МОм, не менее	
- в нормальных условиях эксплуатации	40
- при относительной влажности 80%, температуре +35°C	2
Напряжение промышленных радиопомех, дБ · мкВ, не более	
- на частотах от 0.15 до 0.5МГц	80
- на частотах от 0.5 до 2.5МГц	74
- на частотах от 2.5 до 30МГц	60
Гарантийный срок эксплуатации, месяцев	24
Условия транспортирования по ГОСТ 23216-78	Ж
Условия хранения по ГОСТ 15150-69	ЖЗ

Таблица 4. Канал измерения смещения с датчиками и преобразователями аппаратуры «ВИБРОБИТ 100»

Наименование параметра	Значение
Диапазон измерения, мм	0 – 320 <sup>1)</sup>
Предел допускаемой основной приведенной погрешности измерения, %	± 2.5
Предел допускаемой приведенной погрешности измерения во всем диапазоне рабочих температур датчика, преобразователя, модуля контроля, %	± 6.0

Примечание 1. Диапазон датчиков и преобразователей аппаратуры «ВИБРОБИТ 100»

## Включение питания, сброс модуля МК11

### Включение питания

По включению питания параметры работы модуля МК11 загружаются из энергонезависимой памяти. Параметры работы разделены на секции:

- Параметры каналов измерения;
- Системные параметры и параметры интерфейсов связи.

К каждой секции параметров работы в энергонезависимой памяти добавляется контрольная сумма, позволяющая проверить достоверность загруженных данных. Если вычисленная контрольная сумма не совпадает с записанной суммой в энергонезависимой памяти, то считается, что данные повреждены, и их использовать для работы модуля нельзя.

Каждая секция в энергонезависимой памяти имеет основное и резервное размещение. Если секция параметров из энергонезависимой памяти прочитана с ошибкой, то предпринимается попытка считывания данных из резервной области энергонезависимой памяти.

Если по одной из секций параметров работы обнаружена ошибка, то работа модуля блокируется, на 7 логическом выходе будет присутствовать активный уровень сигнала, светодиод 'Ok' на лицевой панели будет светиться красным цветом.

При нормальной загрузке параметров работы перед началом работы модуля МК11:

- **Вариант МК11-DC-R2** – светодиод 'Ok' мигает желтым цветом, показывая, что идет стартовая инициализация модуля;
- **Вариант МК11-DC-11-R2(-AO) и МК11-AC-11-S-R2(-AO)** - светодиод 'Ok' светится желтым цветом, на 7-сегментном индикаторе отображается серийный номер модуля, затем, год выпуска модуля и проводится стартовая инициализация МК11.

**Примечание.** Не рекомендуется, но допускается, «горячая» замена модуля МК11 в секции без выключения питания для всех вариантов исполнения модуля МК11.

После включения питания (сброса) модуля МК11 работа логических выходов заблокирована на установленное время. Если работа логических выходов заблокирована, светодиод 'Ok' светится желтым цветом.

Для варианта МК11-AC-11-S-R2(-AO) питание модуля МК11 и подключенных к нему датчиков, реле, блоков индикации осуществляется от встроенного AC/DC источника питания. Включение модуля МК11 осуществляется тумблером 'Power' на лицевой панели.

### Сброс модуля

При сбросе модуля производится аппаратный сброс микроконтроллера и выполняется последовательность действий, соответствующая включению питания. Причинами сброса модуля МК11 могут быть:

- Включение питания модуля;
- Сброс по команде пользователя (кнопкой 'Reset' на лицевой панели модуля или командой по цифровым интерфейсам связи);
- Снижение напряжения питания микроконтроллера (неисправность источника питания);
- Сброс по сторожевому таймеру в связи с «зависанием» программы микроконтроллера.

Через отверстие на лицевой панели модуля, нажатием на потайную кнопку 'Reset', установленную на плату модуля МК11, пользователь может выполнить сброс модуля и «Холодный старт» модуля.

**Для сброса модуля – кратковременно нажмите кнопку 'Reset', затем нажмите кнопку 'Reset' и удерживайте ее, пока не произойдет сброс модуля.**

**Примечание.** Сброс модуля можно выполнять только после отображения идентификационной информации (номер модуля, год выпуска) и завершения цикла инициализации модуля МК11.

### «Холодный старт» модуля

«Холодный старт» предназначен для записи в энергонезависимую память модуля параметров работы по умолчанию. Эта функция полезна при первоначальном включении модуля после изготовления или в случае, когда необходимо выполнить повторную калибровку модуля, установить заведомо известные параметры работы.

**Переход в режим «Холодного старта» выполняется удержанием кнопки 'Reset' во время всего цикла вывода идентификационной информации и инициализации модуля после его сброса.**

Если модуль перешел в режим «Холодного старта», то:

- **Вариант МК11-DC-R2** – светодиод 'Ok' будет мигать желтым цветом синхронно со светодиодом 'Warn'.
- **Вариант МК11-DC-11-R2(-AO) и МК11-AC-11-S-R2(-AO)** – на 7-сегментном индикаторе будет мигать надпись 'Cold'.

После перехода в режим холодного старта необходимо подтвердить «Холодный старт» модуля. Подтверждением «Холодного старта» является последовательность нажатия кнопки 'Reset', аналогичная последовательности сброса модуля в нормальном режиме работы (кратковременное нажатие, нажатие и удержание кнопки 'Reset').

При подтверждении «Холодного старта» настройки модуля инициализируются значениями по умолчанию и сохраняются в энергонезависимой памяти, затем производится сброс модуля. Если подтверждение «Холодного старта» не выполнено, модуль переходит к нормальной работе.

#### **Вариант МК11-DC-R2**

При записи в энергонезависимую память настроек мигает светодиод 'Warn'. Результаты записи можно определить по цвету свечения светодиода 'Ok':

- *Зеленый* – запись выполнена без ошибок;
- *Желтый* – одна или несколько секций данных была правильно записана в энергонезависимую память со второго раза;
- *Красный* – одна или несколько секций данных записана в энергонезависимую память с ошибкой.

#### **Вариант МК11-DC-11-R2(-AO) и МК11-AC-11-S-R2(-AO)**

Во время записи на индикаторе отображается надпись 'Load'. Результаты записи можно определить по цвету свечения светодиода 'Ok' (аналогично варианту МК11-DC-R2) и сообщению на индикаторе:

- 'Good' – запись выполнена без ошибок;
- 'bad' – одна или несколько секций данных была правильно записана в энергонезависимую память со второго раза;
- 'Err' – одна или несколько секций данных записана в энергонезависимую память с ошибкой.

Результаты записи в энергонезависимую память параметров работы отображаются в течение 2 секунд, затем происходит автоматический сброс модуля.

## Средства индикации и управления

### Вариант МК11-DC-R2

В варианте исполнения МК11-DC-R2 индикация состояния модуля ограничена. Внешний вид лицевой панели модуля МК11-DC-R2 показан на рисунке 1. На лицевой панели модуля МК11-DC-R2 расположено:

- Четыре сигнальных светодиода:
  - Зеленый светодиод '**Pwr**' – включено питание модуля;
  - Двухцветный светодиод '**Ok**' – индикация состояние модуля;
    - Зеленый цвет – нормальная работа модуля;
    - Желтый цвет – выходная логическая сигнализация заблокирована пользователем или после сброса модуля;
    - Красный цвет – фатальная ошибка в работе модуля, работа модуля заблокирована;
    - Мигание – обнаружена ошибка по тесту датчика для одного из каналов измерения.
  - Желтый светодиод '**Warn**' – предупреждение (логика работы светодиода определяется пользователем);
  - Красный светодиод '**Alarm**' – тревога (логика работы определяется пользователем).
- Отверстие для нажатия на потайную кнопку '**Reset**';
- Разъем диагностического интерфейса;
- Ручка для удобного демонтажа модуля из каркаса.

В варианте исполнения модуля МК11-DC-R2 сигнальные светодиоды являются единственным средством индикации состояния модуля, не считая возможности подключения прибором наладчика ПН31 (персональным компьютером) к диагностическому интерфейсу или доступа к результатам измерений по цифровым интерфейсам RS485 и CAN2.0B.

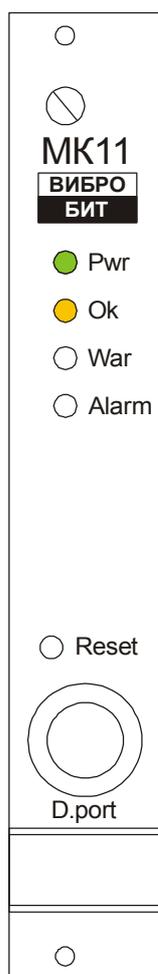


Рисунок 1. Внешний вид лицевой панели МК11-DC-R2 (ширина 20мм)

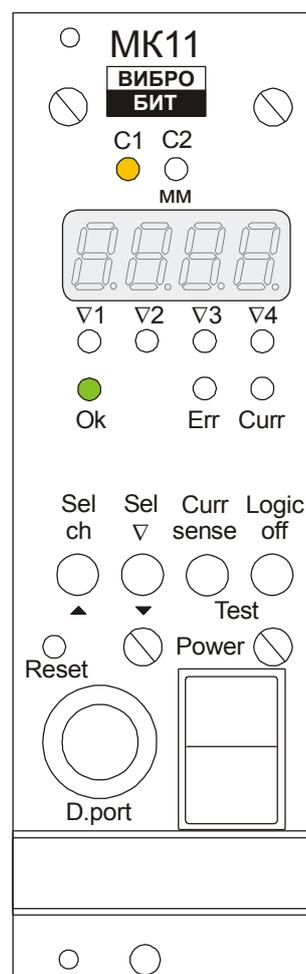


Рисунок 2 Внешний вид лицевой панели МК11-AC-11-S-R2(-AO) (ширина 40мм)

### Вариант MK11-DC-11-R2(-AO) и MK11-AC-11-S-R2(-AO)

В варианте модуля MK11-DC-11-R2(-AO) реализованы расширенные средства индикации и управления. Внешний вид лицевой панели модуля MK11-AC-11-S-R2(-AO) показан на рисунке 2. На лицевой панели модуля MK11-DC-11-R2(-AO) расположены:

- Два желтых светодиода '**C1**' и '**C2**' индикации выбранного канала измерения. В режиме 'Тест' канала измерения светодиод выбранного канала измерения будет мигать.
- Цифровой 4-разрядный 7-сегментный индикатор для отображения измеренных значений параметров и вывода сообщений.
- Четыре желтых светодиода '**V1**', '**V2**', '**V3**' и '**V4**' индикации выхода параметра за соответствующие уставки выбранного канала измерения. При отображении значения уставки соответствующий светодиод уставки мигает.
- Двухцветный светодиод '**Ok**' – индикация состояние модуля. Работа светодиода '**Ok**' в варианте MK11-DC-11-R2 аналогична варианту MK11-DC-R2.
- Красный светодиод '**Err**' – индикация неисправности выбранного канала измерения. Если работа канала измерения нормализовалась, но еще не отсчитана пауза после нормализации работы канала и началом теста значения параметра по уставкам, светодиод '**Err**' мигает.
- Желтый светодиод '**Curr**' – индикация вывода на индикатор текущего значения тока датчика (инженерная информация). При выводе тока датчика на индикатор выбранного канала измерения светодиод '**Curr**' мигает.
- Четыре управляющие кнопки:
  - '**Sel ch**' – выбор канала измерения для отображения значения параметра и состояния канала измерения.  
В режиме 'Тест' применяется для увеличения постоянного тока на входе выбранного канала измерения (только для вариантов исполнения MK11-DC-11-R2, MK11-AC-11-S-R2).
  - '**Sel V**' – вывод на индикатор значения уставок.  
В режиме 'Тест' применяется для уменьшения постоянного тока на входе выбранного канала измерения (только для вариантов исполнения MK11-DC-11-R2, MK11-AC-11-S-R2).
  - '**Curr sense**' – вывод на индикатор тока датчика.
  - '**Logic off**' – блокировка работы логических выходов.
- Отверстие для нажатия на потайную кнопку 'Reset'.
- Разъем диагностического интерфейса;
- Ручка для удобного демонтажа модуля из каркаса.

В варианте MK11-AC-11-S-R2(-AO) дополнительно на лицевой панели модуля MK11 устанавливается тумблер '**Power**' – включение питания модуля MK11 (коммутирует входное сетевое напряжение).

Переключение между каналами измерения осуществляется нажатием на кнопку '**Sel ch**'. При выборе нового канала измерения на индикаторе сразу отображается текущее значение основного параметра выбранного канала.

Если в модуле MK11 основным является 1-й канала измерения, а 2-й канал – вспомогательный, то может быть выполнена настройка модуля, позволяющая автоматическое переключение вывода на индикатор информации 1-го канала измерения по тайм-ауту бездействия пользователя (пользователь в течение установленного времени при выводе информации по второму каналу измерения ни разу не нажал ни на одну из кнопок на лицевой панели модуля).

**Примечание.** Переключение на отображение информации по 2-му каналу измерения не выполняется, если работа 2-го канала измерения заблокирована в настройках модуля MK11.

Циклический просмотр значения уставок выполняется по нажатию на кнопку '**Sel V**'. На индикаторе отображается значение уставки, при этом светодиод соответствующей уставки будет мигать. Если в течение установленного времени переключение на следующую уставку не произошло, то модуль перейдет к индикации значения основного измеряемого параметра.

**Примечание.** Если уставка выключена в настройках модуля, то данная уставка на индикаторе не отображается. Если работа ни одной из уставок не разрешена, то вывод значения уставок на индикатор не выполняется.

Для вывода на индикатор тока датчика необходимо нажать на кнопку '**Curr sense**'. На индикаторе отображается ток датчика в формате #.#.## даже, если обнаружена неисправность датчика, при этом светодиод '**Curr**' мигает.

Включение/выключения логических выходов осуществляется нажатием и удержанием кнопки '**Logic off**', пока не произойдет переключения режима работы логических выходов. При блокировке работы логических выходов светодиод '**Ok**' светится желтым цветом, а все логические выходы находятся в неактивном состоянии.

Для каждого из каналов измерения может быть настроен собственный формат отображения измеренных значений параметра (см. таблицу №5). При попытке выдать на индикатор значение, выходящее за допустимые пределы, на индикаторе появится максимально допустимое значение (для отрицательных значений – минимально допустимое).

Таблица 5. Форматы отображения данных на индикаторе модуля МК11

Код режима	Формат отображения	Допустимы значения
0	#.###	от 0.000 до 9.999
1	##.##	от -9.99 до 99.99
2	###.#	от -99.9 до 999.9
3	####	от -999 до 9999

### Режим 'Тест'

В модуле МК11 пользователь имеет возможность проверить работу каналов измерения модуля, унифицированных и логических выходов. При включении режима 'Тест' датчик, подключенный на вход модуля, отсоединяется от входных цепей модуля. На измерительные входы модуля поступают сигналы от внутреннего управляемого генератора тока или внешние тестовые сигналы (определяется переключкой на плате МК11).

Для включения режима тест необходимо одновременно нажать и удерживать кнопки '**Curr sense**' и '**Logic off**', пока текущий канал измерения не перейдет в режим 'Тест'. В режиме 'Тест' светодиод выбранного канала измерения ('C1', 'C2') будет мигать. Для выхода из режима 'Тест' необходимо нажать и удерживать кнопки '**Curr sense**' и '**Logic off**', пока не произойдет выход из режима 'Тест'.

**Примечание.** Режим 'Тест' для каждого из каналов модуля должен быть разрешен при настройке МК11. Если режим 'Тест' запрещен, то переход в режим 'Тест' не происходит.

Если переключками на плате выбран режим внутреннего генератора тестового сигнала, то пользователь может кнопкой '**Sel ch**' увеличивать, а кнопкой '**Sel V**' уменьшать постоянный уровень тестового сигнала. При удержании указанных кнопок происходит непрерывное увеличение/уменьшение уровня тестового сигнала.

**Примечание.** В режиме 'Тест' нельзя переключиться на другой канал измерения и просмотреть значения уставок выбранного канала измерения.

В режиме 'Тест' вычисленное значение тока сравнивается с допустимым уровнем тока датчика, настроенным в модуле, поэтому модуль может перейти в режим 'Неисправность датчика'. Вычисленное значение параметра сравнивается с уставками и формируется логическая сигнализация о выходе значения параметра за уставки. Пользователь может просмотреть текущее вычисленное значение тока датчика (нажав на кнопку '**Curr sense**'), включить/выключить блокировку логических выходов (нажав на кнопку '**Logic off**') и изменить уровень тестового сигнала (кнопками '**Sel ch**' и '**Sel V**').

**Примечание.** Изменение уровня тестового сигнала должно быть разрешено при настройке модуля для каждого канала измерения в отдельности.

При включении режима 'Тест' тестовый сигнал принимает уровень, установленный при настройке модуля. Включение режима 'Тест' для обоих каналов одновременно возможно только командами по цифровым интерфейсам связи.

## Работа модуля

Модуль МК11 работает в режиме реального времени с периодичностью обновления результатов измерения 250мс. Модуль МК11 выполняет следующие основные операции:

- Измеряет постоянный уровень сигнала по каналам измерения;
- Вычисляет ток датчика и контролирует исправность датчика;
- Вычисляет реальные значения измеряемого параметра;
- Сравнивает вычисленные значения параметра с уставками и сигнализирует о выходе за уставки;
- Передает измеренные значения на унифицированные выходы;
- Формирует логическую сигнализацию;
- Обновляет данные на средствах индикации.

Оба канала измерения работают одинаково и синхронно. Отличаются только параметры настройки и тип входного сигнала, устанавливаемый переключателем на плате МК11 (назначение переключателей и их положений смотрите в приложении):

- ток 4 – 20мА;
- ток 1 – 5мА;
- напряжение 0 – 4.096В.

На входе каналов измерения предусмотрены самовосстанавливающиеся предохранители и защитные стабилитроны (триаки), предотвращающие повреждение входных цепей модуля импульсными помехами или опасным уровнем напряжения.

### Измерение тока датчика

Входной токовый сигнал должен быть преобразован в напряжение. Для этого во входной цепи каналов измерения предусмотрены точные резисторы, соответствующие диапазону тока сигнала датчика, и удаляемая перемычка. Диапазон входных сигналов по напряжению от 0 до 4.096.

**Примечание.** При работе канала измерения с сигналами напряжения рекомендуется оставлять запас по диапазону полезного сигнала с целью реализации функции – тест исправности датчика.

Входной сигнал (напряжение) проходит через ФНЧ и поступает на вход 10-разрядного АЦП, встроенного в микроконтроллер. За 50 мс производится 128 выборок значений АЦП по каждому каналу измерения. Среднее значение АЦП используется в дальнейших расчетах тока датчика. Большое число выборок АЦП позволяет получить фактическое разрешение АЦП по постоянному току 12 бит за счет усреднения.

Ток датчика вычисляется по формуле линейного уравнения:

$$I_{\text{sense}} = A_I + B_I \cdot \text{АЦП};$$

Где:

$I_{\text{sense}}$  – вычисленное значение тока датчика;

АЦП – усредненное значение АЦП;

$A_I, B_I$  – коэффициенты линейного уравнения для вычисления тока датчика.

Значение тока датчика  $I_{\text{sense}}$  может быть выведено на индикатор (нажатием на кнопку '**Curr sense**') и используется в алгоритме теста датчика для вычисления значения измеряемого параметра.

Коэффициенты  $A_I, B_I$  автоматически рассчитываются при инициализации работы модуля по данным диапазона тока датчика ( $\text{CurrMinCalibr}, \text{RangeCurrMax}$ ) и сохраненным значениям АЦП ( $\text{AdcInMin}, \text{AdcInMax}$ ), соответствующим входному диапазону тока датчика, на котором проведена калибровка.

Обычно нижний уровень калибровки тока датчика ( $\text{CurrMinCalibr}$ ) и нижний диапазон тока датчика ( $\text{RangeCurrMin}$ ) равны между собой. Если нижний диапазон тока датчика ( $\text{RangeCurrMin}$ ) равен нулю, то калибровку нижнего значения рекомендуется проводить на уровне 20% максимального значения тока датчика, при этом минимальное калибровочное значение тока датчика указывается отдельно ( $\text{CurrMinCalibr}$ ).

**Примечание.** Если одна из пар калибровочных значений ( $\text{CurrMinCalibr}, \text{RangeCurrMax}$  или  $\text{AdcInMin}, \text{AdcInMax}$ ) равна нулю или они равны между собой, то коэффициенты  $A_I, B_I$  не вычисляются и принимаются равными нулю (ток датчика  $I_{\text{sense}}$  всегда равен нулю).

### Тест исправности датчика

Тест датчика осуществляется по вычисленному значению  $I_{\text{sense}}$ . Датчик считается исправным, если значение находится в допустимых пределах ( $\text{CurrValidMin}$ ,  $\text{CurrValidMax}$ ), устанавливаемых при настройке модуля.

Если значение  $I_{\text{sense}}$  ниже минимально допустимого уровня тока  $\text{CurrValidMin}$ , то считается, что уровень сигнала датчика слишком мал (устанавливаются флаги  $\text{ErrorSenseLow}$ ,  $\text{FlagError}$ ). Для нормализации работы канала измерения значение  $I_{\text{sense}}$  должно быть выше  $\text{CurrValidMin} + \text{CurrValidHist}$  (сбрасывается флаг  $\text{ErrorSenseLow}$ ).

Если значение  $I_{\text{sense}}$  выше максимально допустимого уровня тока  $\text{CurrValidMax}$ , то считается, что уровень сигнала датчика слишком высок (устанавливаются флаги  $\text{ErrorSenseHigh}$ ,  $\text{FlagError}$ ). Для нормализации работы канала измерения значение  $I_{\text{sense}}$  должно быть ниже  $\text{CurrValidMax} - \text{CurrValidHist}$  (сбрасывается флаг  $\text{ErrorSenseHigh}$ ).

Разрешение контроля выше/ниже допустимого уровня тока устанавливается регистрами  $\text{CurrControlMax}/\text{CurrControlMin}$  соответственно. Нулевое значение регистров  $\text{CurrControlMax}/\text{CurrControlMin}$  блокирует соответствующее направление контроля (выше/ниже) тока датчика.

Если регистр  $\text{NotLockChannel}$  равен нулю, при любом установленном флаге ненормального уровня тока датчика ( $\text{ErrorSenseLow}$ ,  $\text{ErrorSenseHigh}$ ) значение измеряемого параметра принимается равным нулю.

Если регистр  $\text{NotLockChannel}$  не равен нулю, работа измерительного канала не блокируется (вычисляется измеряемый параметр, сравнивается значение с уставками), но флаги неисправности устанавливаются в соответствии с алгоритмом работы.

Не рекомендуется устанавливать значение гистерезиса теста тока датчика ( $\text{CurrValidHist}$ ) равным нулю, поскольку может возникнуть эффект частого переключения сигнализации.

После нормализации работы датчика и сброса флагов  $\text{ErrorSenseLow}$ ,  $\text{ErrorSenseHigh}$  сбрасывается флаг  $\text{FlagError}$  через установленный интервал времени  $\text{TestPointSenseOk}$ . После сброса флага  $\text{FlagError}$  вычисленное значение измеряемого параметра сравнивается с уставками.

На рисунке показан пример работы алгоритма теста датчика при снижении постоянного тока датчика ниже допустимого уровня. Допустимые уровни тока датчика равны 0.9мА и 5.1мА соответственно, гистерезис 0.1мА.

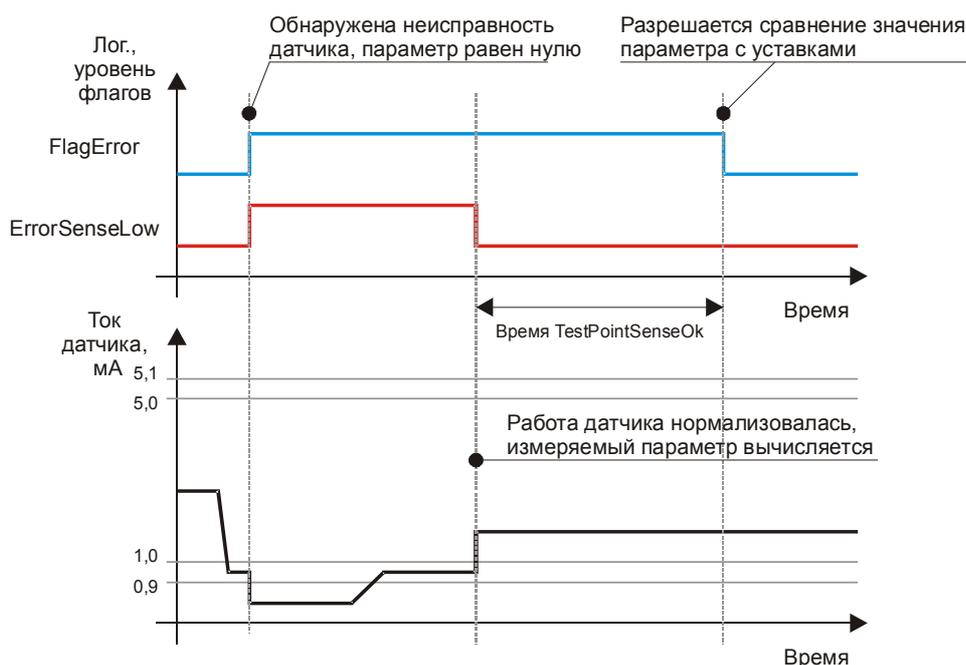


Рисунок 3. Работа алгоритма теста датчика при снижении постоянного тока датчика ниже допустимого уровня ( $\text{NotLockChannel} = 0$ )

После сброса модуля считается, что датчик исправен, но необходимо отсчитать тайм-аут перед сравнением значения параметра с уставками т.к. после сброса автоматически устанавливается флаг  $\text{FlagError}$ .

### Измерения значения параметра

Значение параметра вычисляется из значения измеренного тока датчика, если работа канала не заблокирована.

Вычисление значения измеряемого параметра осуществляется по формуле линейного уравнения:

$$D_{\text{Param}} = A_P + B_P \cdot I_{\text{sense}};$$

Где:

$D_{\text{Param}}$  – вычисленное значение измеряемого параметра;

$I_{\text{sense}}$  – вычисленное значение тока датчика;

$A_P$ ,  $B_P$  – коэффициенты линейного уравнения для вычисления значения измеряемого параметра.

Значение  $D_{\text{Param}}$  является основным измеряемым параметром, используется для:

- сравнения с уставками;
- отображения на индикаторе, как основной параметр;
- вычисления значения ЦАП для унифицированного выхода.

Коэффициенты  $A_P$ ,  $B_P$  автоматически рассчитываются при инициализации работы модуля по данным диапазона тока датчика ( $\text{RangeCurrMin}$ ,  $\text{RangeCurrMax}$ ) и установленному диапазону измеряемого параметра ( $\text{RangeParamMin}$ ,  $\text{RangeParamMax}$ ).

**Примечание.** Если одна из пар значений ( $\text{RangeCurrMin}$ ,  $\text{RangeCurrMax}$  или  $\text{RangeParamMin}$ ,  $\text{RangeParamMax}$ ) равна нулю или они равны между собой, то коэффициенты  $A_P$ ,  $B_P$  не вычисляются и принимаются равными нулю (значение измеряемого параметра  $D_{\text{Param}}$  всегда равен нулю).

### Усреднение значения измеряемого параметра

Перед использованием вычисленного значения параметра  $D_{\text{Param}}$  (вывод на индикатор, сравнение с уставками, расчет значения ЦАП для унифицированного выхода) возможно усреднение значения методом скользящего среднего (несколько последних вычисленных значений измеряемого параметра усредняются для получения окончательного значения  $D_{\text{Param}}$ ).

Глубина усреднения устанавливается при настройке модуля ( $\text{AverageData}$ ) и может варьироваться от 1 до 10 (1 – нет усреднения; 10 – максимальное усреднение).

**Примечание.** Усреднение позволяет стабилизировать значения измеряемого параметра (при индикации вариация значения измеряемого параметра будет минимальна), однако, увеличение глубины усреднения приводит к большей инерционности при работе сигнализации и защитного отключения.

Формат вывода данных на индикатор определяется при настройке модуля (параметр  $\text{FormatOut}$ ). Коды форматов вывода данных на индикатор смотрите в таблице 5.

Дополнительно в памяти модуля пользователь может сохранить единицы измерения канала в символьном виде с кодировкой ASCII (до 7 символов, параметр  $\text{MeasurUnit}$ ).

### Сравнение вычисленного значения параметра с уставками

Если флаг сброшен `FlagError` (отсчитана пауза после нормализации работы датчика), вычисленные значения измеряемого параметра  $D_{Param}$  сравниваются с уставками, установленными при настройке модуля.

Условие, что регистр `NotLockChannel` равен нулю:

- Если обнаружена неисправность датчика (установлен один из флагов `ErrorSenseLow`, `ErrorSenseHigh`) или установлен флаг `FlagError`, сравнение вычисленного значения параметра  $D_{Param}$  с уставками не производится, и все флаги выхода значения измеряемого параметра за уставки сброшены.

Для каждого из каналов измерения предусмотрены по четыре уставки (`TestPointData`) с индивидуально настраиваемыми режимами работы (`TestPointMode`), общим уровнем гистерезиса (`TestPointHist`) и временем реакции перехода через уставку (`TestPointTime`).

Таблица 6. Режимы работы уставок

Код режима	Описание
0	Уставка выключена, проверка не выполняется
1	Проверка выше уставки
2	Проверка ниже уставки

#### Режим работы – уставка выключена

Значение измеряемого параметра  $D_{Param}$  с уставкой `TestPointData` не сравнивается, флаг `OutPoint` всегда сброшен.

#### Режим работы – проверка выше уставки

Если в течение времени `TestPointTime` значение  $D_{Param}$  выше `TestPointData`, считается, что уровень параметра слишком высок и устанавливается флаг `OutPoint`. Для сброса флага `OutPoint` (нормальный уровень) значение измеряемого параметра  $D_{Param}$  должно быть ниже `TestPointData - TestPointHist` в течение времени `TestPointTime`.

#### Режим работы – проверка ниже уставки

Если в течение времени `TestPointTime` значение  $D_{Param}$  ниже `TestPointData`, считается, что уровень параметра слишком мал и устанавливается флаг `OutPoint`. Для сброса флага `OutPoint` (нормальный уровень) значение измеряемого параметра  $D_{Param}$  должно быть выше `TestPointData + TestPointHist` в течение времени `TestPointTime`.

На рисунке 4 показан пример работы сигнализации по уставке 1.7мм (контроль осевого сдвига ротора) с гистерезисом 0.02мм.

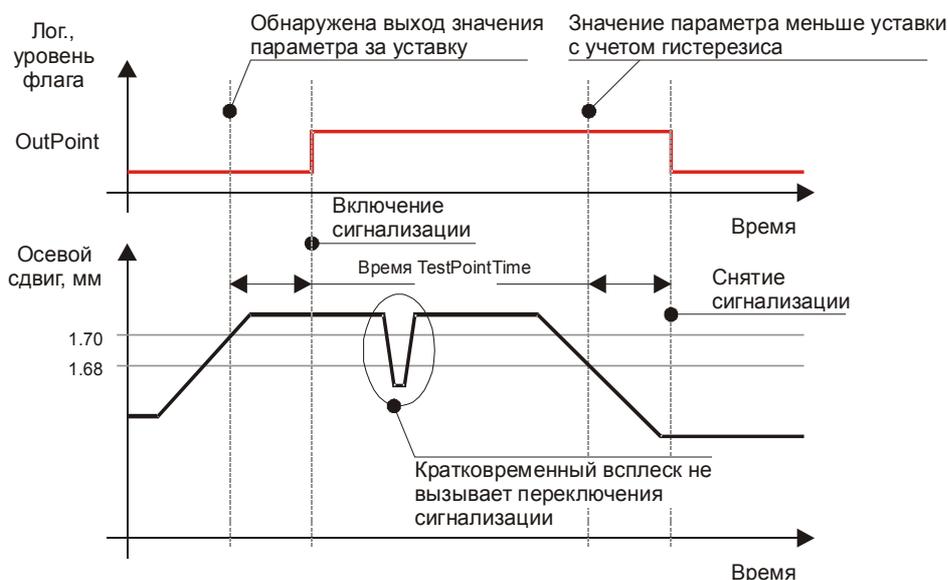


Рисунок 4. Пример работы алгоритма работы уставки (режим – проверка выше уставки)

**Линеаризация сигнала датчика (версия ПО 2.02)**

Канал измерения 1 может быть настроен в режим линеаризации сигнала датчика. Линеаризация необходима при работе канала измерения с датчиками имеющими нелинейную передаточную характеристику, а так же для уменьшения погрешности измерений.

Линеаризация сигнала датчика выполняется методом кусочно-линейной аппроксимации по таблице соответствий величин параметров (Data\_1 ... Data\_12) и выходных токов (Current\_1 ... Current\_12) на используемый датчик (таблица 26).

Число записей таблицы определяется параметром `LinerItems`, минимальное количество записей — 2, максимальное — 12.

Последовательность обработки сигнала датчика с функцией линеаризации:

- по полученному значению АЦП вычисляется ток датчика;
- определяются линейные коэффициенты вычисления параметра по таблице линеаризации в соответствии с током датчика;
- вычисляется значение измеряемого параметра;
- производится сравнение значения параметра с уставками.

На рисунке 5 представлен пример характеристики датчика и таблица линеаризации.

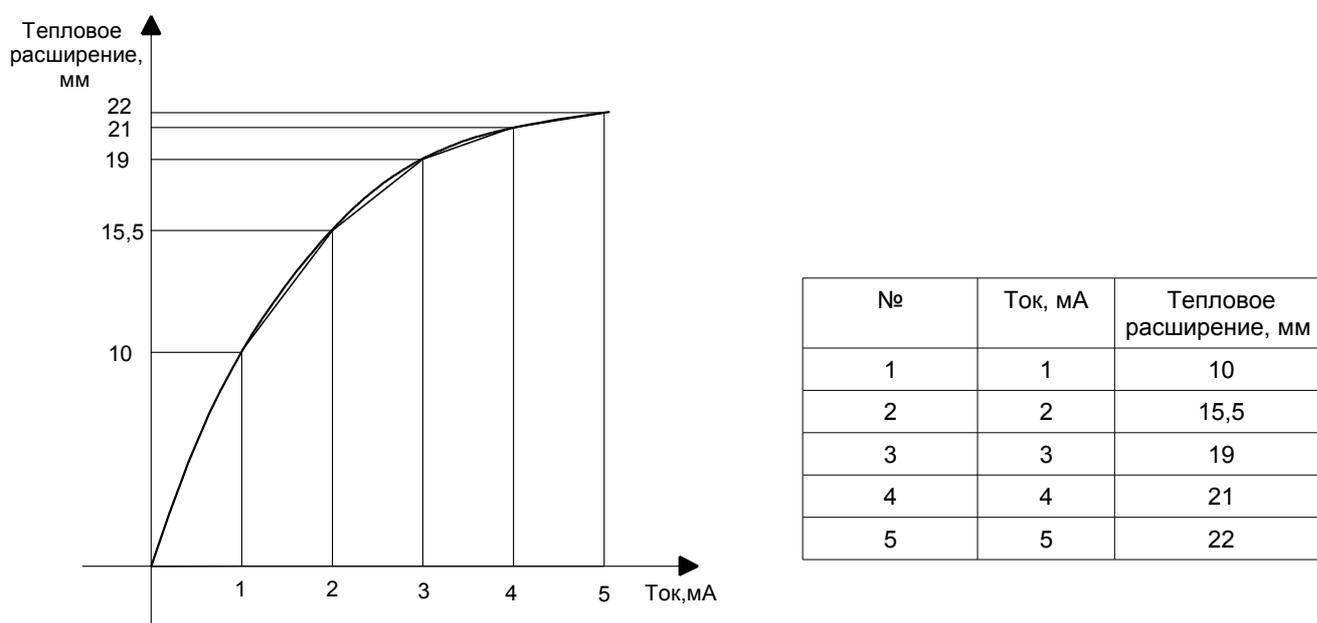


Рисунок 5. Пример характеристики датчика и таблица линеаризации

### Унифицированный выход

Для каждого канала измерения в модуле МК11 предусмотрен унифицированный токовый выход. Уровень сигнала на унифицированном выходе пропорционален значению измеряемого параметра. Диапазон тока унифицированного выхода, соответствующий диапазону измеряемого параметра, может быть выбран произвольно при настройке модуля.

Установка тока на унифицированном выходе осуществляется с помощью 12-разрядно ЦАП и активного токового усилителя, рассчитанного на подключение заземленной нагрузки. В модуле МК11 предусмотрен защитный стабилитрон (напряжение пробоя 27В) и самовосстанавливающийся предохранитель 200мА для защиты цепей унифицированного выхода.

Значение ЦАП унифицированного выхода рассчитывается по формуле линейного уравнения:

$$\text{ЦАП}_{\text{OUT}} = A_0 + B_0 \cdot D_{\text{Param}};$$

Где:

$\text{ЦАП}_{\text{OUT}}$  – вычисленное значение ЦАП;

$D_{\text{Param}}$  – вычисленное значение измеряемого параметра;

$A_0, B_0$  – коэффициенты линейного уравнения для вычисления значения ЦАП унифицированного выхода.

Коэффициенты  $A_0, B_0$  автоматически рассчитываются при инициализации работы модуля по данным диапазона тока унифицированного выхода ( $\text{CurrOutMin}, \text{CurrOutMinCalibr}, \text{CurrOutMax}$ ), диапазона параметра унифицированного выхода ( $\text{RangeParamOutMin}, \text{RangeParamOutMax}$ ) и сохраненным значениям ЦАП ( $\text{DacOutMin}, \text{DacOutMax}$ ), соответствующим диапазону унифицированного выхода, на котором проведена калибровка ( $\text{CurrOutMinCalibr}, \text{CurrOutMax}$ ).

**Примечание.** Если значения параметров  $\text{RangeParamOutMin}, \text{RangeParamOutMax}$  не заданы или равны нулю (по умолчанию они имеют нулевые значения), коэффициенты  $A_0, B_0$  автоматически рассчитываются по значениям параметров  $\text{RangeParamMin}, \text{RangeParamMax}$ .

Обычно нижний уровень калибровки унифицированного выхода ( $\text{CurrOutMinCalibr}$ ) и нижний диапазон унифицированного выхода ( $\text{CurrOutMin}$ ) равны между собой. Если нижний диапазон унифицированного выхода ( $\text{CurrOutMin}$ ) равен нулю, то калибровку нижнего значения рекомендуется проводить на уровне 20% максимального значения унифицированного выхода, при этом минимальное калибровочное значение унифицированного выхода указывается отдельно ( $\text{CurrOutMinCalibr}$ ).

**Примечания.** Если одна из пар калибровочных значений ( $\text{CurrOutMinCalibr}, \text{CurrOutMax}$  или  $\text{RangeParamMin}, \text{RangeParamMax}$  или  $\text{DacOutMin}, \text{DacOutMax}$ ) равна нулю или они равны между собой, то коэффициенты  $A_0, B_0$  не вычисляются и принимаются равными нулю (значение  $\text{ЦАП}_{\text{OUT}}$  всегда равен нулю).

При неисправности канала измерения (активное состояние флага  $\text{FlagError}$ ) на соответствующем аналоговом выходе устанавливается ток равный 0мА.

### Режим 'Тест'

**Только для вариантов исполнения МК11-DC-11-R2, МК11-AC-11-S-R2.**

Для реализации режима 'Тест' в модуле МК11 предусмотрены отдельные генераторы тока для каждого канала измерения, подключаемые на вход канала измерения вместо датчика. Управление тестовыми генераторами тока осуществляется с помощью 12-разрядного ЦАП.

С помощью переключки на плате (смотрите приложение А) можно выбрать вид сигнала, подаваемого на вход канала измерения, внутренний генератор тока/напряжения или внешний тестовый сигнал.

Таблица 7. Варианты работы режима 'Тест' (параметр  $\text{TestEnabled}$ )

Код режима	Описание
0	Режим 'Тест' запрещен
1	Режим 'Тест' разрешен, изменение уровня внутреннего тестового сигнала запрещено
2	Режим 'Тест' разрешен, изменение уровня внутреннего тестового сигнала разрешено

При включении режима тест устанавливается флаг `TestMode` и уровень сигнала на тестовом выходе устанавливается равным `CurrTestON`. Выход из режима 'Тест' происходит по команде пользователя или автоматически, после отсчета времени `TimeOut_TestMode` – допустимое время бездействия пользователя в режиме 'Тест'.

Значение тока тестового сигнала рассчитывается по формуле линейного уравнения:

$$\text{ЦАП}_{\text{TEST}} = A_T + B_T \cdot I_{\text{TEST}};$$

Где:

$\text{ЦАП}_{\text{TEST}}$  – вычисленное значение ЦАП;

$I_{\text{TEST}}$  – Устанавливаемый ток(напряжение) тестового сигнала;

$A_T, B_T$  – коэффициенты линейного уравнения для вычисления значения ЦАП тестового сигнала.

Коэффициенты  $A_T, B_T$  автоматически рассчитываются при инициализации работы модуля по данным диапазона тока датчика (`CurrMinCalibr, RangeCurrMax`) и сохраненным значениям ЦАП (`DacTestMin, DacTestMax`), соответствующим входному диапазону тока датчика, на котором проведена калибровка.

Обычно нижний уровень калибровки тока датчика (`CurrMinCalibr`) и нижний диапазон тока датчика (`RangeCurrMin`) равны между собой. Если нижний диапазон тока датчика (`RangeCurrMin`) равен нулю, то калибровку нижнего значения рекомендуется проводить на уровне 20% максимального значения тока датчика, при этом минимальное калибровочное значение тока датчика указывается отдельно (`CurrMinCalibr`).

**Примечание.** Если одна из пар калибровочных значений (`CurrMinCalibr, RangeCurrMax` или `DacTestMin, DacTestMax`) равна нулю или они равны между собой, то коэффициенты  $A_T, B_T$  не вычисляются и принимаются равными нулю (значение  $\text{ЦАП}_{\text{TEST}}$  всегда равен нулю).

Изменение уровня тестового сигнала осуществляется изменением значения переменной `CurrTest`. Изменение параметра `CurrTest` возможно при нажатии на кнопки '**Sel ch**', '**Sel V**' для инкремента/декремента уровня тестового сигнал, а также по записи значения уровня тестового сигнала командами по цифровым интерфейсам связи.

Допустимый диапазон изменения тестового сигнала `CurrTest` устанавливается при настройке модуля (параметры `CurrTestMin, CurrTestMax`).

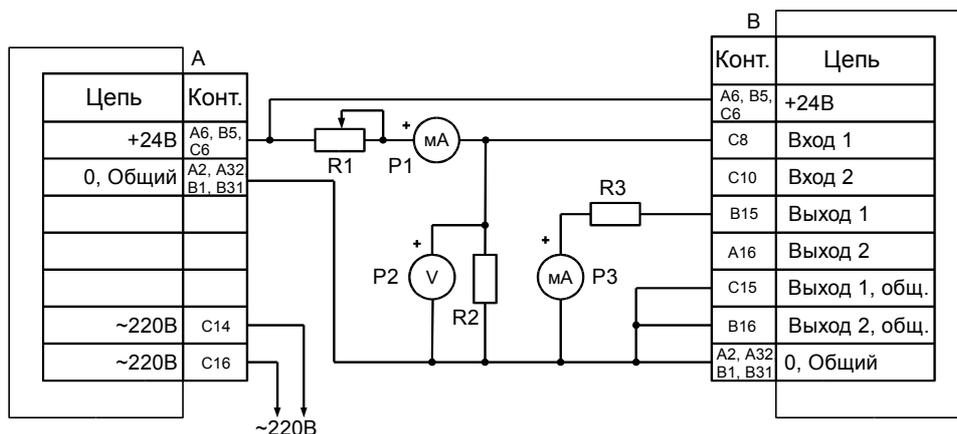
### Рекомендации по калибровке модуля

Технология калибровки модуля МК11 позволяет проводить повторную калибровку без выполнения холодного старта модуля, а изменение диапазона канала измерения – без повторной калибровки каналов измерения и унифицированных выходов. Если выполняется изменение диапазона тока канала измерения или унифицированного выхода, то необходимо выполнить повторную калибровку.

После калибровки модуля необходимо загрузить калибровочные данные в модуль, сохранить в энергонезависимой памяти модуля и перезагрузить модуль (или выполнить команду – перерасчет коэффициентов).

Схема включения модуля МК11 для калибровки и поверки показана на рисунке 6. Рекомендуется калибровку модуля МК11 проводить с помощью стенда СП43, позволяющего собрать указанную схему.

**Примечание.** Калибровка модуля осуществляется командами по цифровым интерфейсам связи с помощью программного обеспечения `ModuleConfigurator`.



**A** – МП24 или БП17

**B** – МК11

**R1** – магазин сопротивлений 100кОм

**R2, R3** – резисторы  $500 \pm 10$  Ом 0.5Вт    **P1, P2** – миллиамперметр постоянного тока 0-20мА, кл. 0.2

**P2** – вольтметр постоянного тока кл. 0.1

*Примечание.* P2, R2 используются при проверке каналов измерения напряжения.

Рисунок 6. Схема включения модуля МК11 для калибровки и проверки

#### Калибровка входа канала измерения

Последовательность калибровки входа канала измерения достаточно проста:

1. Указать значения диапазона тока канала измерения (`CurrMinCalibr`, `RangeCurrMin`, `RangeCurrMax`);
2. Указать диапазон измеряемого параметра (`RangeParamMin`, `RangeParamMax`);
3. Установить на входе канала измерения ток `CurrMinCalibr`;
4. Переписать значение `AdcData` в `AdcInMin`;
5. Установить на входе канала измерения ток `RangeCurrMax`;
6. Переписать значение `AdcData` в `AdcInMax`;
7. Передать результаты калибровки в модуль МК11;
8. Выполнить перерасчет коэффициентов.

Изменение диапазона измеряемого параметра заключается в изменении значений `RangeParamMin`, `RangeParamMax`. При смене диапазона измеряемого параметра, возможно, потребуется изменение формата вывода данных на индикатор (`FormatOut`).

В ПО `ModuleConfigurator` предусмотрен мастер калибровки входа каналов измерения модуля контроля МК11, существенно упрощающий процесс калибровки.

**Калибровка унифицированного выхода**

Диапазон унифицированного выхода по измеряемому параметру соответствует диапазону входа (RangeParamMin, RangeParamMax). Калибровка унифицированного выхода состоит из следующих этапов:

1. Указать значения диапазон тока унифицированного выхода (CurrOutMinCalibr, CurrOutMin, CurrOutMax);
2. Включить режим калибровки унифицированного выхода (устанавливается флаг CalibrateMode);
3. Записью значения в DacDirectData подобрать ток (по миллиамперметру) на унифицированном выходе, равный CurrOutMinCalibr;
4. Переписать значение DacDirectData в DacOutMin;
5. Записью значения в DacDirectData подобрать ток (по миллиамперметру) на унифицированном выходе, равный CurrOutMax;
6. Переписать значение DacDirectData в DacOutMax;
7. Выключить режим калибровки унифицированного выхода;
8. Передать результаты калибровки в модуль МК11;
9. Выполнить перерасчет коэффициентов.

Изменение диапазона измеряемого параметра входа (RangeParamMin, RangeParamMax) автоматически изменяет диапазон параметра на унифицированном выходе. Для калибровки модуля контроля МК11 в программе ModuleConfigurator предусмотрен мастер калибровки унифицированного выхода, упрощающий процесс калибровки.

**Калибровка выхода тестового сигнала**

Калибровка тестового выхода проводится по диапазону тока канала измерения (CurrMinCalibr, RangeCurrMin, RangeCurrMax). Калибровка тестового сигнала выполняется в следующей последовательности:

1. Указать параметры тестового сигнала (CurrTestON, CurrTestMin, CurrTestMax, TestEnabled);
2. Включить режим калибровки тестового сигнала (устанавливается флаг CalibrateMode);
3. Записью значения в DacDirectData подобрать ток (по миллиамперметру) на тестовом выходе, равный CurrMinCalibr;
4. Переписать значение DacDirectData в DacTestMin;
5. Записью значения в DacDirectData подобрать ток (по миллиамперметру) на тестовом выходе, равный RangeCurrMax;
6. Переписать значение DacDirectData в DacTestMax;
7. Выключить режим калибровки тестового выхода;
8. Передать результаты калибровки в модуль МК11;
9. Выполнить перерасчет коэффициентов.

**Примечание.** Запись результатов калибровки в модуль МК11 и выполнение перерасчета коэффициентов может быть выполнена один раз, после всех этапов калибровки (вход, унифицированных выход, тестовых выход обоих каналов измерения).

### Логические выходы

В модуле МК11 предусмотрено 8 логических выходов с открытым коллектором (активный уровень - ноль). Схемотехника логических выходов предусматривает возможность непосредственного подключения обмоток реле.

Работа логических выходов настраивается пользователем по цифровым интерфейсам связи.

Если обнаружена ошибка контрольной суммы по одной из секций параметров работы модуля, на логическом выходе 7 будет присутствовать активный уровень сигнала, остальные логические выходы модуля МК11 останутся в неактивном состоянии.

После сброса модуля работа логических выходов заблокирована на время `LogicOffStartUp`, отсчитываемое после завершения цикла инициализации модуля.

Возможна блокировка работы логических выходов пользователем, которая может быть необходима при корректировке параметров работы модуля или проверки его работы, не опасаясь срабатывания сигнализации или защитного отключения контролируемого оборудования.

Для каждого логического выхода (кроме выхода 7) может быть назначена инверсия состояния (регистр `LogicInvert`). При блокировке логических выходов и неисправности модуля на инвертированных логических выходах устанавливается неактивный уровень сигнала.

В состав параметра модуля МК11 входит матрица «ИЛИ» (`LogicMatrix`) коммутации флагов состояния (состояния каналов измерения и модуля в целом) на логические выходы. Если хотя бы один флаг, назначенный на логический выход, установлен, то на соответствующем логическом выходе будет присутствовать активный уровень сигнала, если работа логических выходов не заблокирована.

Для каждого из флагов указывается номер логического выхода, на который он будет назначен. Если какого-либо флага номер назначенного логического выхода равен нулю или больше 8, то состояние соответствующего флага не влияет ни на один из логических выходов.

Таблица 8. Флаги статуса каналов измерения `StatusCh` и их позиция в матрице логических выходов `LogicMatrix`

№ бита	Обозначение	Описание	Код	Позиция в матрице	
				Канал 1	Канал 2
0	<code>ErrorSenseLow</code>	Ток датчика ниже допустимого уровня	xSH	0	8
1	<code>ErrorSenseHigh</code>	Ток датчика выше допустимого уровня	xSL	1	9
2	<code>TestMode</code>	Включен режим 'Тест'	xTM	2	10
3	<code>FlagError</code>	Флаг общей неисправности канала измерения	xFE	3	11
4	<code>OutPoint_1</code>	Выход значения параметра за уставку 1	xS1	4	12
5	<code>OutPoint_2</code>	Выход значения параметра за уставку 2	xS2	5	13
6	<code>OutPoint_3</code>	Выход значения параметра за уставку 3	xS3	6	14
7	<code>OutPoint_4</code>	Выход значения параметра за уставку 4	xS4	7	15

Примечание. В коде сигнализации вместо символа 'x' нужно указывать номер канала (например, 1SH).

Таблица 9. Флаги статуса модуля `StatusSys` и их позиция в матрице логических выходов `LogicMatrix`

№ бита	Обозначение	Описание	Код	Позиция в матрице
0	<code>ErrorLoadData</code>	Ошибка чтения параметров работы из энергонезависимой памяти	ErrLD	16
1	<code>LoadDataReserv</code>	Одна или несколько групп параметров работы прочитана из резервной секции энергонезависимой памяти	ResLD	17
2	<code>LogicOffStartUp</code>	Блокировка работы логических выходов после сброса модуля	LgOffSt	18
3	<code>LogicOffUser</code>	Блокировка работы логических выходов по команде пользователя	LgOffU	19
4	<code>InterfRS485_Off</code>	Интерфейс №1 RS485 выключен	RS_Off	20
	<code>TimeOutTxRS485_1</code>	Нет запросов от АСКБМ по интерфейсу RS485 №1 (версия 2.02)		
5	<code>InterfCAN_Off</code>	Интерфейс CAN2.0B выключен	CAN_Off	21
	<code>TimeOutTxRS485_2</code>	Нет запросов от АСКБМ по интерфейсу RS485 №2 (версия 2.02)		
6	<code>AllowOneWrite</code>	Получен доступ на одиночную запись	OneWr	22
7	<code>CalibrateMode</code>	Включен режим калибровки для одного из унифицированных выходов	Calibr	23

**Примечание.** Для изменения параметров работы модуля необходимо заблокировать работу логических выходов или получить разрешение на одиночную запись по интерфейсам связи.

## Цифровые интерфейсы управления

Модуль МК11 поддерживает три независимых интерфейса управления:

- Два независимых интерфейса RS485 с частичной реализацией протокола Modbus RTU (достаточной для управления);
- Интерфейс CAN2.0B (обмен осуществляется только расширенными сообщениями);
- Ведомый интерфейс I2C для настройки параметров работы модуля.

Все интерфейсы могут работать одновременно, не мешая работе друг другу.

**Внимание.** Источник питания, микросхемы драйверов RS485 и CAN2.0B интерфейсов, диагностический интерфейс **не имеют гальванической развязки.**

### Интерфейс RS485

В модуле МК11 реализовано два независимых интерфейса RS485. Для каждого из интерфейсов на плате МК11 предусмотрены микросхемы полудуплексного драйвера шины RS485. Обмен данными по интерфейсу RS485 выполняется согласно протоколу Modbus RTU с возможностью выбора скорости обмена из нескольких стандартных скоростей и адреса модуля на шине.

Таблица 10. Параметры интерфейса RS485

Наименование параметра	Значение
Протокол обмена	ModBus RTU (частичная реализация)
Формат данных	без бита паритета, 2 стоповых бита
Пауза между сообщениями, байт, не менее	3.5
Скорость обмена (устанавливается одна из скоростей), бит/с	4800; 9600; 19200; 38400; 57600; 115200; 230400
Режим работы драйвера	полудуплекс
Максимальное число узлов на шине	128 <sup>(1)</sup>
Входное сопротивление драйвера, кОм, не менее	12 <sup>(1)</sup>
Электростатическая стойкость, кВ, не менее	±15 <sup>(1)</sup>
Гальваническая развязка	нет <sup>(1)</sup>

Примечание 1. При условии применения драйвера MAX487ESA.

### Настройка параметров работы модуля по протоколу Modbus RTU

Настройка модуля осуществляется записью значений в соответствующие регистры конфигурации при условии разрешения записи. При запрете записи в регистры конфигурации возвращается сообщение с кодом ошибки NEGATIVE ACKNOWLEDGE.

Запись в регистры конфигурации осуществляется только командой протокола Modbus **Preset Multiple Regs.**

Управляющие команды модуля исполняются по команде протокола Modbus **Preset Single Registers.**

При приеме неправильной (некорректной) команды формируется сообщение об ошибке, если в запросе адрес совпал с адресом модуля и контрольная сумма правильная.

Формат сообщения об ошибке (5 байт):

- Адрес устройства
- Код функции с установленным в '1' старшим битом
- Код ошибки
- Контрольная сумма, младший байт
- Контрольная сумма, старший байт

Таблица 11. Возможные коды ошибок протокола ModBus

Код	Обозначение	Описание	Примечания
0x01	ILLEGAL FUNCTION	Неверный код функции	
0x02	ILLEGAL DATA ADDRESS	Недопустимый адрес регистра	
0x03	ILLEGAL DATA VALUE	Недопустимое записываемое значение	
0x07	NEGATIVE ACKNOWLEDGE	Команда не может быть выполнена	
0x09	ILLEGAL SIZE COMMAND	Код функции и длина принятого сообщения не соответствуют	Не стандартный код ModBus

**Поддерживаемые команды протокола Modbus RTU**

Таблица 12. Реализованные команды протокола Modbus RTU в модуле МК11

Код	Название, описание	Запрос	Ответ	Примечание
0x03	<b>Read Holding Registers</b> Чтение регистров настройки	Адрес устройства Функция (0x03) Нач. адрес, ст. байт Нач. адрес, мл. байт Кол-во рег., ст. байт Кол-во рег., мл. байт CRC мл. байт CRC ст. байт	Адрес устройства Функция (0x03) Счетчик байт Данные, ст. байт Данные, мл. байт CRC мл. байт CRC ст. байт	Применяется для чтения результатов измерений и параметров работы модуля
0x06	<b>Preset Single Registers</b> Запись в регистр	Адрес устройства Функция (0x06) Адрес, ст. байт Адрес, мл. байт Данные, ст. байт Данные, мл. байт CRC мл. байт CRC ст. байт	Адрес устройства Функция (0x06) Адрес, ст. байт Адрес, мл. байт Данные, ст. байт Данные, мл. байт CRC мл. байт CRC ст. байт	Применяется для записи в управляющие регистры (выполнение команд)
0x10	<b>Preset Multiple Regs</b> Запись в несколько регистров	Адрес устройства Функция (0x10) Нач. адрес, ст. байт Нач. адрес, мл. байт Кол-во рег., ст. байт Кол-во рег., мл. байт Счетчик байт Данные, ст. байт Данные, мл. байт CRC мл. байт CRC ст. байт	Адрес устройства Функция (0x10) Нач. адрес, ст. байт Нач. адрес, мл. байт Кол-во рег., ст. байт Кол-во рег., мл. байт Счетчик байт Данные, ст. байт Данные, мл. байт CRC мл. байт CRC ст. байт	Применяется для записи параметров работы в модуль
0x11	<b>Report Slave ID</b> Чтение идентификатора	Адрес устройства Функция (0x11) CRC мл. байт CRC ст. байт	Адрес устройства Функция (0x11) Счетчик байт Идентификатор (0x0B) Индик. пуска (0xFF) Версия ПО, ст. байт Версия ПО, мл. байт Номер модуля, ст. байт Номер модуля, мл. байт Год выпуска, ст. байт Год выпуска, мл. байт CRC мл. байт CRC ст. байт	
0x08	<b>Diagnostics</b> Диагностические команды	Адрес устройства Функция (0x08) Подфункция, ст. байт Подфункция, мл. байт Данные, ст. байт Данные, мл. байт CRC мл. байт CRC ст. байт	Адрес устройства Функция (0x08) Подфункция, ст. байт Подфункция, мл. байт Данные, ст. байт Данные, мл. байт CRC мл. байт CRC ст. байт	Список поддерживаемых диагностических команд смотрите в таблице Таблица 13

Таблица 13. Список поддерживаемых диагностических команд протокола ModBus

Код команды	Описание
0x0000	Эхо ответ
0x0001	Сброс счетчиков протокола ModBus и выход из режима Listen Only
0x0004	Включить режим Listen Only
0x000A	Сброс счетчиков протокола ModBus
0x000B	Передать число принятых сообщений без ошибок
0x000C	Передать число принятых сообщений с ошибками контрольной суммы
0x000D	Передать число принятых сообщений с ошибками (исключая ошибки контрольной суммы)

### **Вычисление контрольной суммы в сообщениях**

Контрольная сумма CRC состоит из двух байт. Контрольная сумма CRC вычисляется передающим устройством и добавляется в конец каждого сообщения. Принимающее устройство вычисляет контрольную сумму в процессе приема и сравнивает с полем CRC принятого сообщения. Счетчик CRC предварительно инициализируется значением 0xFF. Только 8 бит данных используются для вычисления контрольной суммы (старт, стоп и биты паритета не используются в вычислении контрольной суммы).

### **Особенности управления модулем МК11 по протоколу ModBus**

Адресация регистров параметров работы и состояния модуля не выравнивается по 16-разрядным словам. Максимальный объем записываемых/читаемых байт за одну транзакцию 64 байта.

Дополнительные отступления от протокола ModBus RTU в режиме работы интерфейса связи VibrobitRTU:

- Параметр «Количество регистров» в командах ModBus указывается в байтах.
- При записи/чтении параметров работы и состояния модуля данные передаются по правилам языка Си расположения данных в памяти (младший байт, затем - старший байт), а не по требованию стандарта ModBus.
- Если при чтении запрошено нечетное количество байт, ответ будет содержать четное число байт (на один больше, чем запрошено). При записи нечетного числа байт всегда должно передаваться четное количество байт (на один больше, чем требуется), реально в параметры модуля будет записано указанное число байт.

**Примечание.** На плате модуля МК11 предусмотрен терминатор шины RS485 для интерфейса №1. Если модуль включается последним на шине RS485, а на шине отсутствует штатный терминатор 120 Ом, то для нормальной работы интерфейса RS485 перемычка на плате модуля, включающая терминатор шины, должна быть установлена.

### **Тайм-аут отсутствия запросов от мастера интерфейса (версия ПО 2.02)**

Тайм-аут отсутствия запросов от мастера протокола ModbusRTU может применяться для сигнализации неисправности интерфейса связи.

Регистр `TimeOutTx_s` определяет максимальное время отсутствия передачи данных модулем по интерфейсу RS485 (отсутствие обращения к модулю со стороны сервера).

Если за время `TimeOutTx` от сервера (мастера протокола) не было ни одного запроса на передачу информации (в том числе служебные сообщения приема данных), то устанавливается флаг `TimeOutTxRS485`. Флаг сбрасывается при первой отправке любого сообщения по интерфейсу RS485.

Для каждого интерфейса RS485 предусмотрены собственные регистры `TimeOutTx` и флаги `TimeOutTxRS485`.

Флаги могут `TimeOutTxRS485_1`, `TimeOutTxRS485_2` участвовать в формировании логической сигнализации модуля МК11.

## Интерфейс CAN2.0В

Интерфейс CAN2.0В предоставляет возможность передачи данных о состоянии модуля МК11 на блоки индикации и модуль сбора статистики. Модуль МК11 не принимает никаких данных по интерфейсу CAN2.0В, а также не предусмотрена возможность настройки модуля по интерфейсу CAN2.0В.

Таблица 14. Параметры интерфейса CAN2.0В

Наименование параметра	Значение
Режим работы	передача данных в активном режиме с возможностью генерации перезагрузки шины
Формат сообщений	только расширенные
Протокол обмена	унифицированный для работы в составе аппаратуры «ВИБРОБИТ 300»
Код модуля МК11 для блоков индикации	0хС1 (193)
Скорость обмена (устанавливается одна из скоростей), кбит/с	1000; 500; 250; 200; 125; 100; 80; 40
Соответствие стандарту шины CAN	ISO-11898 <sup>(1)</sup>
Максимальное число узлов на шине	112 <sup>(1)</sup>
Входное сопротивление драйвера, кОм, не менее	5 <sup>(1)</sup>
Электростатическая стойкость, кВ, не менее	±6 <sup>(1)</sup>
Гальваническая развязка	нет <sup>(1)</sup>

Примечание 1. При условии применения драйвера MCP2551.

CAN контроллер модуля работает в активном режиме, т.е. выдает dominant подтверждение принятых сообщений и может генерировать в шину CAN сообщения активного сброса (например, в случае неправильно указанной скорости обмена).

Все узлы на шине CAN должны иметь одинаковую скорость обмена. При увеличении скорости обмена физическая максимальная длина шины CAN уменьшается. Максимально допустимая длина шины CAN при скорости обмена 1000кбит/с составляет 40 метров, а для скорости 40кбит/с – 1000 метров.

**Примечание.** На плате модуля МК11 предусмотрен терминатор шины CAN2.0В. Если модуль включается последним на шине CAN2.0В, а на шине отсутствует штатный терминатор 120 Ом, то для нормальной работы интерфейса CAN2.0В перемычка на плате модуля, включающая терминатор шины, должна быть установлена.

Для работы CAN2.0В интерфейса необходимо настроить следующие параметры:

- Разрешение работы интерфейса CAN2.0В (CanEnabled);
- Скорость обмена (CanSpeed);
- Адрес модуля (CanBasicAddress);
- Периодичность отправки сообщений (CanBasicTime);
- Разрешение отправки информации по каналам измерения (CanBasicDataOut).

Данные результатов измерений отправляются с периодичностью CanBasicTime. Для каждого из каналов измерения формируется собственное сообщение с уникальным кодом сообщения:

0х30(48) – сообщение 1-го канала измерения;

0х31(49) – сообщение 2-го канала измерения.

Сообщения передаются последовательно: сообщение 1-го канала, затем – второго. Новое сообщение не передается на шину, пока не будет передано предыдущее. Если текущее сообщение не может быть отправлено в течение 200мс, то его отправка отменяется.

Если флаг CanBasicDataOut не равен нулю, то сообщение соответствующего канала измерения передается по интерфейсу CAN2.0В. Если все флаги CanBasicDataOut равны нулю, то никаких сообщений по интерфейсу CAN2.0В модулем не передается, однако, модуль генерирует подтверждение нормальной передачи сообщений других модулей, подключенных к шине CAN2.0В.

Номер байта в сообщении						
0	1	2	3	4	5	6
Код	Измеренное значение параметра (Float 4 байта)				Регистр состояния канала измерения	Регистр состояния модуля
0x30, 0x31	ParamData				StatusCh	StatusSys

Рисунок 7. формат сообщения на шине CAN модуля МК11

### Ведомый интерфейс I2C

Ведомый интерфейс I2C предназначен для контроля работы модуля и настройки параметров его работы. Разъем интерфейса I2C расположен на лицевой панели модуля (диагностический разъем). Параметры ведомого интерфейса I2C жестко predeterminedены, поэтому вне зависимости от текущего состояния модуля интерфейс I2C всегда доступен для управления модулем.

Настройка модуля может производиться с помощью прибора наладчика ПН31, либо с помощью персонального компьютера. Для настройки с помощью персонального компьютера, должна быть запущено программное обеспечение ModuleConfigurator, а модуль подключен к персональному компьютеру через плату диагностического интерфейса MC01 USB (интерфейс ПК USB).

**Примечание.** При настройке модуля с помощью MC01 USB на персональном компьютере должны быть установлены драйвера виртуального COM порта (смотрите приложение Г).

Таблица 15. Параметры ведомого интерфейса I2C

Наименование параметра	Значение
Адрес МК11 на интерфейсе I2C	0x28
Формат адреса при обращении к регистрам модуля	16 бит
Скорость обмена, кбит/с, не более	400
Постоянное напряжение на диагностическом разъеме для питания согласующего устройства, В	$5 \pm 0.2$
Допустимый ток потребления по цепи питания на диагностическом разъеме, мА, не более	50
Гальваническая развязка	нет

**Примечание.** Модуль предусматривает возможность «горячего» подключения/отключения прибора наладчика и плат диагностического интерфейса MC01 USB.

## Параметры настройки и текущее состояние модуля (таблицы адресов)

### Параметры каналов измерения и системные настройки модуля

Таблица 16. Список калибровочных параметров каналов измерения

Название	Обозначение	Тип (байт)	Адрес (Hex)		Прим.
			Канал 1	Канал 2	
Нижний уровень диапазона тока датчика	RangeCurrMin	Float (4)	0x0600	0x0700	
Верхний уровень диапазона тока датчика	RangeCurrMax	Float (4)	0x0604	0x0704	
Нижний уровень тока датчика, на котором проведена калибровка	CurrMinCalibr	Float (4)	0x0608	0x0708	
Нижний допустимый предел тока датчика	CurrValidMin	Float (4)	0x060C	0x070C	
Верхний допустимый предел тока датчика	CurrValidMax	Float (4)	0x0610	0x0710	
Гистерезис по тесту датчика	CurrValidHist	Float (4)	0x0614	0x0714	
Нижний уровень диапазона параметра унифицированного выхода	RangeParamOutMin	Float (4)	0x082B	0x092B	
Верхний уровень диапазона параметра унифицированного выхода	RangeParamOutMax	Float (4)	0x082F	0x092F	
Нижний уровень диапазона тока унифицированного выхода	CurrOutMin	Float (4)	0x0618	0x0718	
Верхний уровень диапазона тока унифицированного выхода	CurrOutMax	Float (4)	0x061C	0x071C	
Нижний уровень унифицированного выхода, на котором проведена калибровка	CurrOutMinCalibr	Float (4)	0x0620	0x0720	
Уровень тока, устанавливаемый на тестовом сигнале при включении режима 'Тест'	CurrTestON	Float (4)	0x0624	0x0724	1
Нижний допустимый уровень регулирования тока тестового сигнала	CurrTestMin	Float (4)	0x0628	0x0728	1
Верхний допустимый уровень регулирования тока тестового сигнала	CurrTestMax	Float (4)	0x062C	0x072C	1
Значение АЦП нижнего уровня калибровки тока датчика	AdcInMin	Uint (2)	0x0630	0x0730	
Значение АЦП верхнего уровня калибровки тока датчика	AdcInMax	Uint (2)	0x0632	0x0732	
Значение ЦАП нижнего уровня калибровки унифицированного выхода	DacOutMin	Uint (2)	0x0634	0x0734	
Значение ЦАП верхнего уровня калибровки унифицированного выхода	DacOutMax	Uint (2)	0x0636	0x0736	
Значение ЦАП нижнего уровня калибровки внутреннего тестового сигнала	DacTestMin	Uint (2)	0x0638	0x0738	1
Значение ЦАП верхнего уровня калибровки внутреннего тестового сигнала	DacTestMax	Uint (2)	0x063A	0x073A	1
Разрешение работы режима 'Тест'	TestEnabled	Uchar (1)	0x063C	0x073C	1, 2
Контроль нижней границы тока датчика: 0 - отключено 1 - включено	CurrControlMin	Uchar (1)	0x063D	0x073D	
Контроль верхней границы тока датчика: 0 - отключено 1 - включено	CurrControlMax	Uchar (1)	0x063E	0x073E	
Блокировка работы канала измерения при детектировании неисправности: 0 - канал измерения блокируется, результат измерения принимается равным нулю 1 - канал измерения не блокируется, результата измерений сравнивается с уставками	NotLockChannel	Uchar (1)	0x063F	0x073F	

Примечания:

1. В вариантах исполнения МК11-DC-11-R2-AO2, МК11-AC-11-S-R2-AO2 генератор тестового сигнала не реализован.
2. Описания значений параметра TestEnabled смотрите в таблице 7.

Таблица 17. Список основных параметров каналов измерения

Название	Обозначение	Тип (байт)	Адрес (Hex)		Прим.
			Канал 1	Канал 2	
Диапазон измеряемого параметра, нижнее значение	RangeParamMin	Float (4)	0x0800	0x0900	
Диапазон измеряемого параметра, верхнее значение	RangeParamMax	Float (4)	0x0804	0x0904	
Текстовая строка единиц измерения	MeasurUnit	Char (8)	0x0808	0x0908	
Формат вывода результатов измерений на индикатор	FormatOut	UChar (1)	0x0810	0x0910	1
Глубина усреднения измеряемого параметра	AverageData	UChar (1)	0x0811	0x0911	2
Время реакции на переход через уставку	TestPointTime	UChar (1)	0x0812	0x0912	3
Резерв, должен равняться нулю		UChar (1)		0x0913	
Число записей таблицы линеаризации от 1 до 12 0 - функция линеаризации выключена	LinerItems	UChar (1)	0x0813		5
Режим работы уставки 1	TestPointMode_1	UChar (1)	0x0814	0x0914	4
Режим работы уставки 2	TestPointMode_2	UChar (1)	0x0815	0x0915	4
Режим работы уставки 3	TestPointMode_3	UChar (1)	0x0816	0x0916	4
Режим работы уставки 4	TestPointMode_4	UChar (1)	0x0817	0x0917	4
Значение уставки 1	TestPointData_1	Float (4)	0x0818	0x0918	
Значение уставки 2	TestPointData_2	Float (4)	0x081C	0x091C	
Значение уставки 3	TestPointData_3	Float (4)	0x0820	0x0920	
Значение уставки 4	TestPointData_4	Float (4)	0x0824	0x0924	
Гистерезис по уставкам	TestPointHist	Float (4)	0x0828	0x0928	
Диапазон параметра на унифицированном выходе, нижнее значение	RangeParamOutMin	Float (4)	0x082C	0x092C	
Диапазон параметра на унифицированном выходе, верхнее значение	RangeParamOutMax	Float (4)	0x0830	0x0930	

Примечания:

1. Описание значений параметра `FormatOut` смотрите в таблице 5.
2. Значение от 0 до 9. При `AverageData` равном нулю – усреднения нет, при `AverageData` равном 9 – глубина усреднения 10 (максимальна).
3. Время по 0,05 с (0 = 0,05 с).
4. Описание параметра смотрите в таблице 6.
5. Реализовано в ПО модуля версии 2.02.

Таблица 18. Список системных настроек модуля

Название	Обозначение	Тип (байт)	Адрес (Hex)	Прим.
Разрешение работы канала 2 0 – канал 2 выключен 1 – канал 2 включен	ActivChannel	UChar (1)	0x0A00	1,5
Тайм-аут переключения вывода индикации с канала 2 (вспомогательный) на канал 1 (основной) по 1 секунде	TimeOut_ChannelTwo	UChar (1)	0x0A01	2
Тайм-аут режима 'Тест' по 1 секунде	TimeOut_TestMode	UChar (1)	0x0A02	2
Время блокировки логических выходов после сброса модуля	LogicOffStartUp	UChar (1)	0x0A03	3
Тайм-аут теста уставок после нормализации работы датчика	TestPointSenseOk	UChar (1)	0x0A04	3
Тип ЦАП для унифицированных токовых выходов 0 - не реализовано 1 - DAC7614, выходы без гальванической изоляции 2 - DAC7611, выходы с гальванической изоляцией	DacExternalType	UChar (1)	0x0A05	6
Матрица логической сигнализации: биты 0:3 – номер выхода, на который назначена сигнализация биты 4:5 – зарезервированы, должны равняться нулю бит 6 – включение светодиода 'War' бит 7 – включение светодиода 'Alarm'	LogicMatrix	UChar (24)	0x0A06	4
Инверсия логических выходов биты 0...5 – включение инверсии соответственно на логических выходах с 1-го по 6-й бит 7 – включение инверсии на 8-м логическом выходе	LogicInvert	UChar (1)	0x0A1E	5
Резерв, должен равняться нулю		UChar (1)	0x0A1F	

Примечания:

1. Вступает в силу только после сброса модуля.
2. При значении равном нулю функция выключена.
3. Время по 0,05 с (0 = 0,05 с).
4. Назначение байтов логической сигнализации смотрите в таблицах 8, 9.
5. Значение по умолчанию – 0. Исправность датчика не влияет на измерение параметра и работу логической сигнализации.
6. Реализовано в модуле МК11 с версией ПО выше 2.01.

**Интерфейсы связи**

Таблица 19. Список параметров интерфейса RS485 №1

Название	Обозначение	Тип (байт)	Адрес (Hex)		Прим.
			№1	№2	
Режим работы интерфейса: 0 – Отключен 1 – Vibrobit RTU 2 – Modbus RTU	RSEnabled	UChar (1)	0x0B00	0x0D00	1
Изменения параметров работы модуля командам и по интерфейсу RS485: 0 – Запрещено 1 – Разрешено	RSChangeEnabled	UChar (1)	0x0B01	0x0D01	
Операции однократной записи: 0 – Запрещено 1 – Разрешено	RSONewWriteCommand	UChar (1)	0x0B02	0x0D02	
Адрес устройства на шине RS485 (от 1 до 247)	RSAddress	UChar (1)	0x0B03	0x0D03	
Скорость обмена, бит/с: 0 – 4800; 1 – 9600; 2 – 19200; 3 – 38400; 4 – 57600; 5 – 115200; 6 - 230400	RSSpeed	UChar (1)	0x0B04	0x0D04	
Поддержка широковещательного адреса: 0 – Запрещено 1 – Разрешено	AllowCommonAddress	UChar (1)	0x0B05	0x0D05	
Время детектирования отсутствия запросов от АСКВМ, сек	TimeOutTx_s	UChar (1)	0x0B06	0x0D06	3

Примечание.

1. Для интерфейса №2 значение регистра может быть установлено равным 2 - принятие настроек интерфейса №1.
2. Параметры работы интерфейса RS485 вступают в силу только после переинициализации интерфейса.
3. Реализовано в модуле МК11 с версией ПО выше 2.02.

Таблица 20. Список параметров интерфейса CAN2.0B

Название	Обозначение	Тип (байт)	Адрес (Hex)	Прим.
Разрешить работу интерфейсу: 0 – интерфейс выключен 1 – интерфейс включен	CANEnabled	UChar (1)	0x0C00	
Скорость обмена, кбит/с: 0 – 1000; 1 – 500; 2 – 250; 3 – 200; 4 – 125; 5 – 100; 6 – 80; 7 - 40	CANSpeed	UChar (1)	0x0C01	
Резерв, должен равняться нулю		UChar (1)	0x0C02	
Период отправки сообщений по 0.25с	CANBasicTime	UChar (1)	0x0C03	
Адрес модуля на шине	CANBasicAddress	UChar (2)	0x0C04	
Отправлять данные по каналу 1 (0 – не отправлять)	CANBasicDataOut_1	UChar (1)	0x0C06	
Отправлять данные по каналу 2 (0 – не отправлять)	CANBasicDataOut_2	UChar (1)	0x0C07	

Примечание. Параметры работы интерфейса CAN2.0B вступают в силу только после переинициализации интерфейса.

**Идентификационная информация**

Таблица 21. Список регистров идентификационной информации модуля

Название	Обозначение	Тип (байт)	Адрес (Hex)	Прим.
Заводской номер модуля	Number	Uint (2)	0x1400	
Год выпуска модуля	Year	Uint (2)	0x1402	
Номер заказа	Order	Uint (2)	0x1404	
Код монтажника	Assembler	UChar (1)	0x1406	
Код регулировщика	Adjuster	UChar (1)	0x1407	
Дополнительная текстовая информация	TextString	Char (32)	0x1408	

Примечание. Идентификационная информация доступна только для чтения.

Таблица 22. Список регистров идентификационной ПО модуля

Название	Обозначение	Тип (байт)	Адрес (Hex)	Прим.
Версия ПО микроконтроллера	Version	Char (6)	0x1300	
Дата компиляции ПО	Date	Char (12)	0x1306	
Время компиляции ПО	Time	Char (10)	0x1312	

Примечание. Идентификационная информация доступна только для чтения.

**Информация по расположению перемычек на плате модуля**

Таблица 23. Список регистров информации по расположению перемычек на плате МК11

Название	Обозначение	Тип (байт)	Адрес (Hex)	Прим.
Информации по расположению перемычек (текстовая строка)	Jumpers	Char (60)	0x1600	

**Результаты измерений**

Таблица 24. Список регистров результатов измерений

Название	Обозначение	Тип (байт)	Адрес (Hex)	Прим.
Результаты измерений по каналу 1	ParamData_1	Float (4)	0x0000	
Ток датчика канала 1	Current_1	Float (4)	0x0004	
Флаги состояния канала 1	StatusCh_1	UChar (1)	0x0008	1
Резерв, равен нулю		UChar (1)	0x0009	
Значение АЦП канала 1 (используется при калибровке)	AdcData_1	Uint (2)	0x000A	
Результаты измерений по каналу 2	ParamData_2	Float (4)	0x000C	
Ток датчика канала 2	Current_2	Float (4)	0x0010	
Флаги состояния канала 2	StatusCh_2	UChar (1)	0x0014	1
Резерв, равен нулю		UChar (1)	0x0015	
Значение АЦП канала 2 (используется при калибровке)	AdcData_2	Uint (2)	0x0016	
Флаги состояния модуля	StatusSys	UChar (1)	0x0018	2
Дополнительные флаги состояния модуля бит 0 - Второй канал выключен бит 1 - Интерфейс №2 RS485 выключен биты 2-7 - Служебные	StatusSysAdd	UChar (1)	0x0019	
Состояние логических выходов: биты 0-7 – состояние логических выходов биты 13-8 – зарезервированы, равны нулю бит 14 – состояние светодиода 'War' бит 15 – состояние светодиода 'Alarm'	LogicOutStatus	Uint (2)	0x001A	3
Флаги ошибки чтения параметров работы	ErrorLoad	UChar (1)	0x001C	
Флаги чтения параметров работы из резервной секции энергонезависимой памяти	ReservLoad	UChar (1)	0x001D	
Принятый тип ЦАП для унифицированных токовых выходов 0 - не реализовано 1 - DAC7614, выходы без гальванической изоляции 2 - DAC7611, выходы с гальванической изоляцией	DacExternalType	UChar (1)	0x001E	
Резерв, равен нулю		UChar (1)	0x001F	
Флаги состояния интерфейсов связи (служебный)	Falgs			5

Примечания:

1. Назначение флагов смотрите в таблице 8.
2. Назначение флагов смотрите в таблице 9.
3. При блокировки логических выходов по параметру LogicOutStatus можно определить какое будет состояние логических выходов после снятия блокировки.
4. Регистры результатов измерения доступны только для чтения.
5. Реализовано в модуле МК11 с версией ПО выше 2.02.

Таблица 25. Регистры управления тестовым сигналом и унифицированными выходами

Название	Обозначение	Тип (байт)	Адрес (Hex)	Прим.
Уровень тока тестового сигнала для канала 1	CurrTest_1	Float (4)	0x0500	1, 2
Уровень тока тестового сигнала для канала 2	CurrTest_2	Float (4)	0x0504	1, 2
Значение ЦАП для прямого управления унифицированным выходом канала 1	DacDirectData_1	Uint (2)	0x0508	3
Значение ЦАП для прямого управления унифицированным выходом канала 2	DacDirectData_2	Uint (2)	0x050A	3
Значение ЦАП для прямого управления тестовым сигналом канала 1	DacDirectData_1T	Uint (2)	0x050C	3
Значение ЦАП для прямого управления тестовым сигналом канала 2	DacDirectData_2T	Uint (2)	0x050E	3

Примечания:

1. При включении режима 'Тест' принимает значение равное CurrTestON.
2. Удерживается в диапазоне CurrTestMin, CurrTestMax даже при записи по цифровым интерфейсам связи.
3. Используется при калибровке. Диапазон ЦАП от 0 до 4095. В нормальной работе каналов не участвуют.
4. Все регистры группы доступны для записи в любом режиме работы модуля.
5. В вариантах исполнения МК11-DC-11-R2-AO2, МК11-AC-11-S-R2-AO2 генератор тестового сигнала не реализован.

Таблица 26. Линеаризация канала измерения 1

Название	Обозначение	Тип (байт)	Адрес (Hex)	Прим.
Запись 1, значение тока	Current_1	Float (4)	0x0F00	
Запись 1, значение параметра	Data_1	Float (4)	0x0F04	
Запись 2, значение тока	Current_2	Float (4)	0x0F08	
Запись 2, значение параметра	Data_2	Float (4)	0x0F0C	
Запись 12, значение тока	Current_12	Float (4)	0x0F58	
Запись 12, значение параметра	Data_12	Float (4)	0x0F5C	

Примечания:

1. Для работы алгоритма линеаризации необходимо как минимум 2 записи. Если в таблице менее 2-х записей значение параметра принимается равным нулю. Максимальное количество записей 12.
2. Реализовано в модуле МК11 с версией ПО выше 2.02.

**Управляющие команды**

Для выполнения управляющих команд в модуле МК11 предусмотрено несколько зарезервированных регистров. Команды управления исполняются только при индивидуальной записи в каждый из регистров (невозможно исполнение нескольких команд за одну транзакцию).

Таблица 27. Список управляющих регистров

Адрес регистра (Hex)	Записываемое значение (Hex)	Действие	Прим.
0xFF00	0x55	Сброс модуля (аналогично включению питания модуля)	
0xFF01	0x61	Пересчитать коэффициенты канала 1	1, 4
	0x62	Пересчитать коэффициенты канала 2	1, 4
	0x93	Выполнить повторную инициализацию интерфейса RS485	2, 4
	0x98	Выполнить повторную инициализацию интерфейса CAN2.0B	3, 4
0xFF02	0x33	Блокировка логической сигнализации	
	0xCC	Нормальная работа логической сигнализации	
0xFF03	0x3C	Запрос на одиночную запись	
0xFF04	0x10	Выключить режим 'Тест' на обоих каналах	4
	0x11	Включить режим 'Тест' на канале 1	4, 5
	0x12	Включить режим 'Тест' на канале 1	4, 5
0xFF05	0x40	Выключить режим калибровки всех унифицированных выходов и тестовых сигналов	4
	0x41	Включить режим калибровки унифицированного выхода 1	4
	0x42	Включить режим калибровки тестового сигнала канала 1	4, 8
	0x43	Включить режим калибровки унифицированного выхода 2	4
	0x44	Включить режим калибровки тестового сигнала канала 2	4, 8
0xFF06	Запись параметров работы в энергонезависимую память модуля		4, 6
	0x81	Калибровочные данные по каналу 1	
	0x82	Калибровочные данные по каналу 2	
	0x83	Основные параметры по каналу 1	
	0x84	Основные параметры по каналу 2	
	0x85	Системные параметры модуля	
	0x86	Параметры интерфейса RS485 №1	
	0x87	Параметры интерфейса CAN2.0B	
	0x88	Параметры интерфейса RS485 №2	
	0x89	Таблица линеаризации канала измерения 1	9
0xFF07	0x21	Запись всех параметров настройки модуля в энергонезависимую память	7

Примечания:

1. Может применяться после калибровки модуля для проверки измерений без перезагрузки модуля.
2. Если команда пришла в момент передачи ответа, ответ передается полностью, затем выполняется переинициализация.
3. Если команда пришла в момент передачи сообщения, сообщение передается полностью, затем выполняется переинициализация.
4. Логические выходы сигнализации должны быть заблокированы.
5. Режим должен быть разрешен в настройках модуля.
6. После записи перезагрузка модуля не выполняется.
7. Во время записи работа модуля останавливается. После записи автоматически выполняется сброс модуля.
8. В вариантах исполнения МК11-DC-11-R2-AO2, МК11-AC-11-S-R2-AO2 генератор тестового сигнала не реализован.
9. Реализовано в модуле МК11 с версией ПО выше 2.02.

### Значения параметров после «холодного старта» модуля

После «холодного старта» модуля параметры модуля приводятся в исходное состояние:

- Калибровочная информация удалена;
- Логическая сигнализация не назначена;
- Интерфейсы RS485, CAN2.0B выключены;
- Часть параметров инициализируется по умолчанию.

Таблица 28. Значения калибровочных параметров каналов измерения после «холодного старта»

Параметр	Обозначение	Значение	Прим.
Нижний уровень диапазона тока датчика	RangeCurrMin	1.0	
Верхний уровень диапазона тока датчика	RangeCurrMax	5.0	
Нижний уровень тока датчика, на котором проведена калибровка	CurrMinCalibr	1.0	
Нижний допустимый предел тока датчика	CurrValidMin	0.8	
Верхний допустимый предел тока датчика	CurrValidMax	5.2	
Гистерезис по тесту датчика	CurrValidHist	0.1	
Нижний уровень диапазона тока унифицированного выхода	CurrOutMin	4.0	
Верхний уровень диапазона тока унифицированного выхода	CurrOutMax	20.0	
Нижний уровень унифицированного выхода, на котором проведена калибровка	CurrOutMinCalibr	4.0	
Уровень тока, устанавливаемый на тестовом сигнале при включении режима 'Тест'	CurrTestON	1.0	
Нижний допустимый уровень регулирования тока тестового сигнала	CurrTestMin	0.6	
Верхний допустимый уровень регулирования тока тестового сигнала	CurrTestMax	5.4	
Значение АЦП нижнего уровня калибровки тока датчика	AdcInMin	0	1
Значение АЦП верхнего уровня калибровки тока датчика	AdcInMax	0	
Значение ЦАП нижнего уровня калибровки унифицированного выхода	DacOutMin	0	2
Значение ЦАП верхнего уровня калибровки унифицированного выхода	DacOutMax	0	
Значение ЦАП нижнего уровня калибровки внутреннего тестового сигнала	DacTestMin	0	3
Значение ЦАП верхнего уровня калибровки внутреннего тестового сигнала	DacTestMax	0	
Разрешение работы режима 'Тест'	TestEnabled	2	
Контроль нижней границы тока датчика	CurrControlMin	0	
Контроль верхней границы тока датчика	CurrControlMax	0	
Блокировка работы канала измерения при детектировании неисправности	NotLockChannel	0	

Примечания:

1. Значения тока датчика и измеряемого параметра не вычисляются.
2. Унифицированный выход не работает, на выходе всегда ток 0 (или минимально возможный).
3. Тестовый сигнал не работает, тестовый сигнал имеет уровень 0 (или минимально возможный).

Таблица 29. Значения основных параметров каналов измерения после «холодного старта»

Параметр	Обозначение	Значение	Прим.
Диапазон измеряемого параметра, нижнее значение	RangeParamMin	0	
Диапазон измеряемого параметра, верхнее значение	RangeParamMax	0	
Текстовая строка единиц измерения	MeasurUnit	Пусто	
Формат вывода результатов измерений на индикатор	FormatOut	3	####
Глубина усреднения измеряемого параметра	AverageData	5	
Время реакции на переход через уставку	TestPointTime	5	1.5с
Режим работы уставки 1	TestPointMode_1	0	
Режим работы уставки 2	TestPointMode_2	0	
Режим работы уставки 3	TestPointMode_3	0	
Режим работы уставки 4	TestPointMode_4	0	
Значение уставки 1	TestPointData_1	0	
Значение уставки 2	TestPointData_2	0	
Значение уставки 3	TestPointData_3	0	
Значение уставки 4	TestPointData_4	0	
Гистерезис по уставкам	TestPointHist	0	
Диапазон параметра на унифицированном выходе, нижнее значение	RangeParamOutMin	0	
Диапазон параметра на унифицированном выходе, верхнее значение	RangeParamOutMax	0	
Число записей таблицы линеаризации (версия 2.02)	LinerItems	0	Выкл.

Таблица 30. Значения системных параметров модуля после «холодного старта»

Параметр	Обозначение	Значение	Прим.
Разрешение работы канала 2	ActivChannel	1	Оба
Тайм-аут переключения вывода индикации с канала 2 (вспомогательный) на канал 1 (основной)	TimeOut_ChannelTwo	5	
Тайм-аут режима 'Тест'	TimeOut_TestMode	0	Выкл.
Время блокировки логических выходов после сброса модуля	LogicOffStartUp	31	8с
Тайм-аут теста уставок после нормализации работы датчика	TestPointSenseOk	31	8с
Матрица логической сигнализации	LogicMatrix	0	1
Тип ЦАП для унифицированных токовых выходов	DacExternalType	0	Выкл.
Инверсия логических выходов	LogicInvert	0	

Примечания:

1. Логическая сигнализация не определена, все логические выходы будет находиться в неактивном состоянии.

Таблица 31. Значение параметров интерфейсов RS485 после «холодного старта»

Параметр	Обозначение	Значение	Прим.
Разрешить работу интерфейсу	RSEnabled	0	Выкл.
Разрешение изменения параметров работы модуля командам и по интерфейсу RS485	RSChangeEnabled	0	
Разрешение операции однократной записи	RSOneWriteCommand	0	
Адрес устройства на шине RS485 (от 1 до 247)	RSAddress	1	
Скорость обмена, бит/с:	RSSpeed	0	4800
Время детектирования отсутствия запросов от АСКВМ, сек (версия 2.02)	TimeOutTx_s	0	Выкл.

Таблица 32. Значение параметров интерфейса CAN2.0 после «холодного старта»

Параметр	Обозначение	Значение	Прим.
Разрешить работу интерфейсу	CANEnabled	0	Выкл.
Скорость обмена, кбит/с:	CANSpeed	0	1000
Адрес модуля на шине	CANBasicAddress	0	
Период отправки сообщений по 0.25с	CANBasicTime	0	0.25с
Отправлять данные по каналу 1 (0 – не отправлять)	CANBasicDataOut_1	0	нет
Отправлять данные по каналу 2 (0 – не отправлять)	CANBasicDataOut_2	0	нет

## Программное обеспечение

Специализированной программой для настройки модуля контроля МК11 является ПО ModuleConfigurator, которая имеет удобный интерфейс и возможность доступа ко всем параметрам модуля. Для работы программы настройки необходимо подключить модуль МК11 к персональному компьютеру через плату диагностического интерфейса MC01 USB или по интерфейсам RS485.

Основные особенности программы:

- Возможность наблюдения в реальном времени текущих показаний индикатора и сигнализации МК11;
- Настройка всех параметров каналов измерения, интерфейсов связи и общих параметров модуля;
- Генерация текстового отчета настроек логической сигнализации и всего модуля в целом;
- Загрузка/сохранение настроек в файл;
- Калибровка входа;
- Калибровка унифицированного выхода и тестового сигнала.

Программное обеспечение ModuleConfigurator доступно для загрузки с официального сайта ООО НПП «Вибробит» [www.vibrobot.ru](http://www.vibrobot.ru), раздел «Поддержка».

Подробное описание работы с ПО ModuleConfigurator представлено в «ВШПА.421412.300.001 34 Вибробит Module Configurator. Руководство оператора.»

Перед соединением с модулем МК11, имеющего версию ПО 2.00 и выше, в ПО ModuleConfigurator необходимо выбрать настройку МК11-R2.

Внешний вид ПО ModuleConfigurator с загруженной настройкой МК11-R2, представлено на рисунке 8.

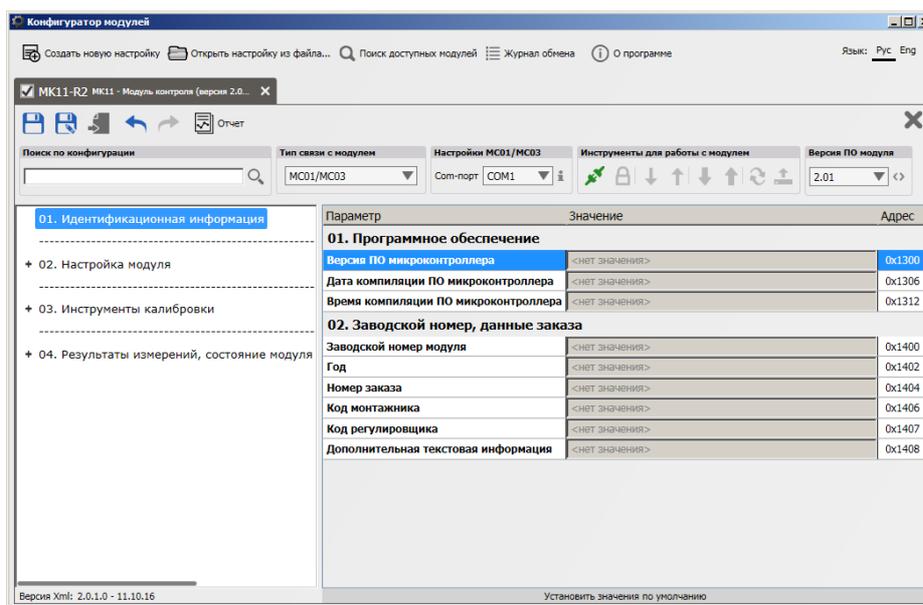


Рисунок 8. Внешний вид ПО ModuleConfigurator

## Техническое обслуживание

Информацию по техническому обслуживанию смотрите в документе ВШПА.421412.300 РЭ «Аппаратура «ВИБРОБИТ 300» руководство по эксплуатации»:

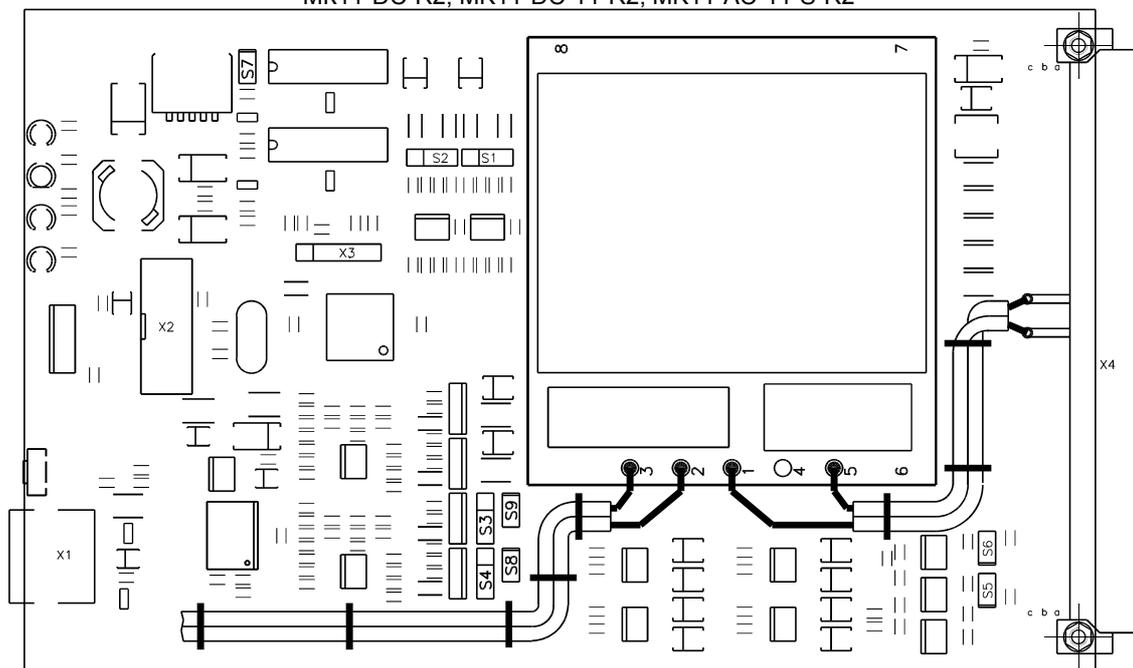
- Техническое обслуживание аппаратуры;
- Текущий ремонт;
- Поверка аппаратуры.

## Приложения

### А. Расположение органов регулировки

Варианты исполнения

МК11-DC-R2, МК11-DC-11-R2, МК11-AC-11-S-R2



Примечание. Лицевая панель модуля не показана

Перемычки S1, S2 – выбор режима работы каналов измерения 1, 2 (соответственно)

Положение	Режим
Снята	Режим работы по напряжению 0...4.096В
1-2	Режим работы по току 4...20мА
2-3	Режим работы по току 1...5мА

Перемычки S3, S4 – выбор режима работы тестового сигнала для каналов измерения 1, 2 (соответственно)

Положение	Режим
Снята	Выключен
1-2	Режим работы по току 0...20мА
2-3	Режим работы по напряжению 0...4.096В

Перемычки S5, S6 – терминатор 120 Ом шины RS485 №1, CAN2.0В (соответственно)

Положение	Режим
Снята	Терминатор отключен от шины
Одета	Терминатор подключен к шине

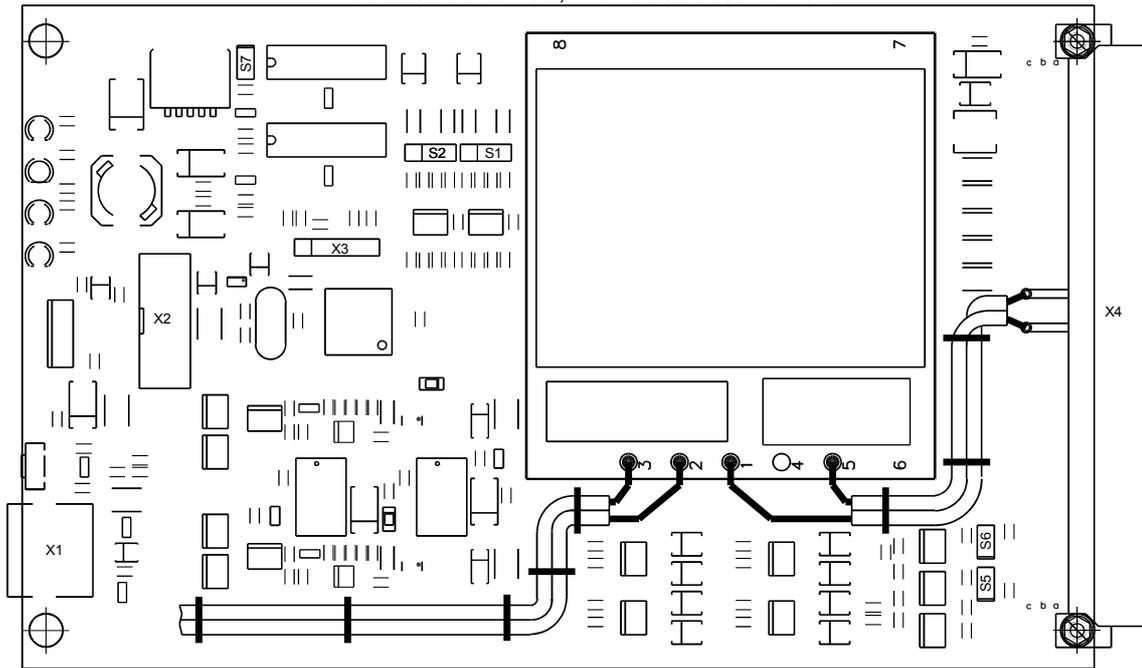
Перемычка S7 – подтягивающий резистор 7.23 кОм к +24В входа второго канала измерения (может применяться для измерения напряжения питания при 'АС + МИ11' варианте модуля)

Положение	Режим
Снята	Не подключен
Одета	Подключен

Перемычки S9, S8 – подключение тестового сигнала каналов 1,2 к контактам разъема X4

Положение	Режим
Снята	Не подключен
Одета	Подключен

Варианты исполнения  
МК11-DC-11-R2-AO2, МК11-AC-11-S-R2-AO2



Примечание. Лицевая панель модуля не показана

Перемычки S1, S2 – выбор режима работы каналов измерения 1, 2 (соответственно)

Положение	Режим
Снята	Режим работы по напряжению 0...4.096В
1-2	Режим работы по току 4...20мА
2-3	Режим работы по току 1...5мА

Перемычки S5, S6 – терминатор 120 Ом шины RS485 №1, CAN2.0В (соответственно)

Положение	Режим
Снята	Терминатор отключен от шины
Одета	Терминатор подключен к шине

Перемычка S7 – подтягивающий резистор 7.23 кОм к +24В входа второго канала измерения (может применяться для измерения напряжения питания при 'АС + МИ11' варианте модуля)

Положение	Режим
Снята	Не подключен
Одета	Подключен

**Б. Назначение контактов разъема Х4**

Номер контакта	Обозначение	Назначение	При м.
A2, B1, C2 A32, B31, C32	GND	Общий	
A6, B5, C6	Power +24V	Вход/выход напряжения питания +24В	1
B7	+24V sense CH1	Выход напряжения +24В для питания преобразователя канала измерения 1	
B9	+24V sense CH2	Выход напряжения +24В для питания преобразователя канала измерения 2	
C8	Input CH1	Вход канала измерения 1	
C10	Input CH2	Вход канала измерения 2	2
A12, B11, C12, C18	FG	Земля Фарадея импульсного источника питания AC/DC <b>Необходимо подключить к шине заземления</b>	3
C14	~L220V	Сетевое напряжение AC 220В 50Гц	3
C16	~N220V		
A16	Analog out 2	Унифицированный выход канала измерения 2	
B15	Analog out 1	Унифицированный выход канала измерения 1	
A18	Test 2	Тестовый сигнал канала 2	4, 9
B17	Test 1	Тестовый сигнал канала 1	4, 9
A20	LG_OUT_1	Логический выход 1	5
A22	LG_OUT_2	Логический выход 2	5
A24	LG_OUT_3	Логический выход 3	5
A26	LG_OUT_4	Логический выход 4	5
B19	LG_OUT_5	Логический выход 5	5
B21	LG_OUT_6	Логический выход 6	5
B23	LG_OUT_7	Логический выход 7	5, 6
B25	LG_OUT_8	Логический выход 8	7
A28	CAN-GND	Интерфейс CAN2.0B	
B27	CAN-H		
C28	CAN-L		
A30	RS485-GND	Интерфейс №1 RS485	
B29	RS485-B		
C30	RS485-A		
C29	RS485-B	Интерфейс №2 RS485	
B30	RS485-A		

## Примечания:

1. В варианте модуля МК11-AC-11-S-R2(-AO) является выходом напряжения +24В. Может использоваться для подключения внешней нагрузки (блоков индикации) и обмоток реле логики сигнализации и защиты.
2. Если канала 2 не используется, то вывод может быть оставлен не подключенным, в настройках модуля необходимо отключить работу 2-го канала.
3. Только для варианта МК11-AC-11-S-R2(-AO), в других вариантах выводы не подключены.
4. В режиме выхода используется для калибровки схемы тестового сигнала. В режиме 'Тест' подключается на вход канала измерения. В режиме входа данного вывода перемычка выбора режима работы тестового сигнала должна быть снята.
5. Логика работы определяется при настройке модуля.
6. При ошибке чтения параметров из энергонезависимой памяти будет присутствовать активный уровень. Рекомендуется назначать все сигналы неисправности модуля (тест датчиков и т.д.) на данный выход.
7. Сигнал инверсный по отношению к логическому выходу 7. Вывод может использоваться как активная сигнализация исправности модуля.
8. Контакты A4, A8, A10, A14, B3, B13, C4, C20, C22, C24, C26 не используются.
9. Для вариантов исполнения МК11-DC-11-R2-AO, МК11-AC-11-S-R2-AO выводы являются входами внешнего тестового сигнала.

## В. Пример настройки модуля для измерения осевого сдвига ротора

Как правило, измерение осевого сдвига ротора осуществляется тремя независимыми между собой каналами измерения с формированием сигнализации защитного отключения по логике два из трех. Для реализации указанного требования необходимо в проекте системы непрерывного вибрационного мониторинга предусматривать индивидуальные вторичные преобразователи (модули контроля) с индивидуальными источниками питания собственно модуля и датчика с первичным преобразователем.

Применение 2-х канального модуля измерения постоянных сигналов в варианте МК11-АС-11-S-R2(-АО) позволяет эффективно выполнить схему защиты по осевому сдвигу ротора с минимальным объемом занимаемого места в секции. В варианте исполнения МК11-АС-11-S-R2(-АО) модуль содержит цифровой индикатор, позволяющий отображать результаты измерений, и АС/DC источник питания с широким диапазоном входных напряжений. Учитывая, что в модуль МК11 встроена функция проверки каналов измерений, срабатывания сигнализации и защитного отключения позволяет реализовывать полную схему измерения и защиты по осевому сдвигу ротора, используя всего три модуля МК11.

Рассмотрим пример настройки модуля МК11 для измерения осевого сдвига ротора. Первичные датчик ДВТ20 с преобразователем ИП34А (диапазон измерения 2 – 0 – 2мм, диапазон тока датчика 1 – 5мА).

Первый канала измерения модуля МК11 настраивается для измерения осевого сдвига ротора. Рекомендованные параметры настройки канала измерения 1 представлены в таблице.

Калибровочные параметры канала измерения 1 (измерение осевого сдвига ротора)

Параметр	Значение	Прим.
Нижний уровень диапазона тока датчика	1.0	1
Верхний уровень диапазона тока датчика	5.0	1
Нижний уровень тока датчика, на котором проведена калибровка	1.0	1
Нижний допустимый предел тока датчика	0.7	1
Верхний допустимый предел тока датчика	5.3	1
Гистерезис по тесту датчика	0.1	1
Нижний уровень диапазона тока унифицированного выхода	4.0	1
Верхний уровень диапазона тока унифицированного выхода	20.0	1
Нижний уровень унифицированного выхода, на котором проведена калибровка	4.0	1
Уровень тока, устанавливаемый на тестовом сигнале при включении режима 'Тест'	3.0	
Нижний допустимый уровень регулирования тока тестового сигнала	0.6	1
Верхний допустимый уровень регулирования тока тестового сигнала	5.4	1
Значение АЦП нижнего/верхнего уровня калибровки тока датчика		2
Значение ЦАП нижнего/верхнего уровня калибровки унифицированного выхода		2
Значение ЦАП нижнего/верхнего уровня калибровки внутреннего тестового сигнала		2
Разрешение работы режима 'Тест'	2	1
Контроль нижней границы тока датчика	Да	
Контроль верхней границы тока датчика	Да	
Блокировка работы канала измерения при детектировании неисправности	Нет	3

Примечания:

1. Значение соответствует «Холодному старту» модуля.
2. Определяются при калибровке модуля.
3. Блокировка работы канала измерения не происходит при выходе датчика за диапазоны измерения (требования к логической схеме защиты ОСР).

## Основные параметры канала измерения 1 (измерение осевого сдвига ротора)

Параметр	Значение	Прим.
Диапазон измеряемого параметра, нижнее значение	-2	
Диапазон измеряемого параметра, верхнее значение	2	
Текстовая строка единиц измерения	мм	
Формат вывода результатов измерений на индикатор	1	##.##
Глубина усреднения измеряемого параметра	1	
Время реакции на переход через уставку	3	1.0с
Режим работы уставки 1	2	Ниже
Режим работы уставки 2	1	Выше
Режим работы уставки 3	2	Ниже
Режим работы уставки 4	1	Выше
Значение уставки 1	-1.5	Пр.
Значение уставки 2	1.0	Пр.
Значение уставки 3	-1.7	Авар.
Значение уставки 4	1.2	Авар.
Гистерезис по уставкам	0.05	
Диапазон параметра на унифицированном выходе, нижнее значение	-2	
Диапазон параметра на унифицированном выходе, верхнее значение	2	

Примечание. Значения уставок должны быть установлены в соответствии с журналом уставок.

Для 1-го канала измерения необходимо установить переключку S1 в положение 2-3 (режим работы по току 1-5мА), переключку S3 установить в положение 1-2 (режим работы тестового сигнала по току 0-20мА), и переключку S9 не устанавливать (внешний тестовый сигнал не используется).

Второй канал измерения используется для контроля напряжения +24В (питание модуля и первичного преобразователя датчика), формируемого AC/DC преобразователем (AC/DC преобразователь установлен на плате МК11). Для контроля напряжения питания +24В необходимо установить переключку S2 в положение 2-3 (режим работы по току 1-5мА), установить переключку S7 (подключение смещения на вход канала измерения 2), снять переключки S4 и S8 (тестовый сигнал выключен).

При напряжении питания равном +24В входной ток второго канала измерения приблизительно равен 3мА. По отклонению входного тока от 3мА можно судить о качестве напряжения питания.

## Калибровочные параметры канала измерения 2 (контроль напряжения питания +24В)

Параметр	Значение	Прим.
Нижний уровень диапазона тока датчика	8.09	1
Верхний уровень диапазона тока датчика	40.44	1
Нижний уровень тока датчика, на котором проведена калибровка	8.09	1
Нижний допустимый предел тока датчика	20	2
Верхний допустимый предел тока датчика	24	2
Гистерезис по тесту датчика	0.2	2
Нижний уровень диапазона тока унифицированного выхода	0	3
Верхний уровень диапазона тока унифицированного выхода	0	3
Нижний уровень унифицированного выхода, на котором проведена калибровка	0	3
Уровень тока, устанавливаемый на тестовом сигнале при включении режима 'Тест'	0	3
Нижний допустимый уровень регулирования тока тестового сигнала	0	3
Верхний допустимый уровень регулирования тока тестового сигнала	0	3
Значение АЦП нижнего/верхнего уровня калибровки тока датчика		4
Значение ЦАП нижнего/верхнего уровня калибровки унифицированного выхода	0	3
Значение ЦАП нижнего/верхнего уровня калибровки внутреннего тестового сигнала	0	3
Разрешение работы режима 'Тест'	0	Выкл.

Примечания:

1. Специальный диапазон для настройки работы канала в режим измерения напряжения питания.
2. Допустимый диапазон напряжения питания при его изменении скачком. Алгоритм по тесту датчика не содержит усреднения и задержек на срабатывание.
3. Функции не используются и должны быть выключены.
4. Определяется при калибровке. Нижнее значение определяется при калибровке на токе 1мА, верхнее – на токе 5мА.

## Основные параметры канала измерения 2 (контроль напряжения питания +24В)

Параметр	Значение	Прим.
Нижний диапазон измеряемого параметра	8.09	1
Верхний диапазон измеряемого параметра	40.44	1
Текстовая строка единиц измерения	В	
Формат вывода результатов измерений на индикатор	1	##.##
Глубина усреднения измеряемого параметра	3	
Время реакции на переход через уставку	3	1.0с
Режим работы уставки 1	0	Выкл
Режим работы уставки 2	2	Ниже
Режим работы уставки 3	1	Выше
Режим работы уставки 4	0	Выкл
Значение уставки 1	0	
Значение уставки 2	22	2
Значение уставки 3	26	2
Значение уставки 4	0	
Гистерезис по уставкам	0.2	2

Примечания:

1. Специальный диапазон для настройки работы канала в режим измерения напряжения питания.
2. Допустимый диапазон напряжения питания при его плавном изменении. Алгоритм по уставкам содержит усреднение и задержку на срабатывание.

Второй канала измерения является вспомогательным, поэтому модуль должен автоматически переключаться на отображение результатов измерения осевого сдвига (канал 1). Рекомендованные системные настройки модуля представлены в таблице.

Параметр	Значение	Прим.
Разрешение работы канала 2	1	Оба
Тайм-аут переключения вывода индикации с канала 2 (вспомогательный) на канал 1 (основной)	5	
Тайм-аут режима 'Тест'	0	Выкл.
Время блокировки логических выходов после сброса модуля	31	8с
Тайм-аут теста уставок после нормализации работы датчика	31	8с

Примечание. Все значения таблицы соответствуют «Холодному старту» модуля

Логическая сигнализация может быть настроена следующим образом:

- На первый логический выход назначить предупредительные уставки по осевому сдвигу ротора (уставки 2, 3 канала 1);
- На второй логический выход назначить аварийные уставки по осевому сдвигу ротора (уставки 1, 4 канала 1);
- На седьмой логический выход все виды неисправностей (сигнал не нормального состояния модуля):
  - Ненормальный ток датчика по каналу измерения осевого сдвига ротора (канал 1);
  - Ненормальное напряжение питания по алгоритму теста датчика (канал 2);
  - Ненормальное напряжение питания по алгоритму теста уставок (канал 2).
- Восьмой логический выход всегда является инверсным по отношению к 7 логическому выходу и сигнализирует исправность модуля и каналов измерения.

На незадействованные логические выходы сигнализация не назначается, они всегда находятся в неактивном состоянии.

Для варианта МК11-АС-11-S-R2(-АО) назначение логики работы светодиодов 'War' и 'Alarm' не требуется.

Номер выхода	Назначение	Логическая формула
1.	Осевой сдвиг ротора больше чем одна из предупредительных уставок	$1S1 + 2S1$
2.	Осевой сдвиг ротора больше чем одна из аварийных уставок	$3S1 + 4S1$
7.	Неисправность модуля	$ErrLD + 1FE + 2FE + 2S2 + 2S3$

Примечание. Сигнал ErrLD всегда назначен на 7 логический выход.

Параметры настройки интерфейсов связи RS485 и CAN2.0B определяются требованиями проекта и верхним уровнем АСКВ. После «Холодного старта» модуля интерфейсы RS485, CAN2.0B выключены.