



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

**АППАРАТУРА «ВИБРОБИТ-300»**

**Инструкция по настройке  
модуля контроля МК32**

**ВШПА.421412.3032 И1**

г. Ростов-на-Дону  
2010 г

Тел/Факс (863) 218-24-75  
Тел/Факс (863) 218-24-78  
E-mail: [info@vibrobit.ru](mailto:info@vibrobit.ru)  
[http:// www.vibrobit.ru](http://www.vibrobit.ru)

Инструкция по настройке модуля МК32 предназначена для ознакомления пользователей (потребителей) с основными принципами работы и методами настройки модуля контроля МК32 аппаратуры «ВИБРОБИТ 300».

***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 30.09.2010г.

## Содержание

Общие сведения.....	4
Технические характеристики.....	6
Средства индикации и управления.....	8
Модуль МК32, - вариант 'DC'.....	8
Модуль МК32 - вариант 'DC-20'.....	9
Управляющие кнопки.....	9
Вывод информации на ЖКИ.....	9
Режим отображения «гистограмма».....	10
Режим отображения «полная информация».....	11
Работа модуля.....	12
Включение питания.....	12
Сброс модуля.....	12
«Холодный старт» модуля.....	13
Измерение параметров.....	14
Измерение тока датчика.....	14
Тест исправности датчика.....	15
Измерения значения параметра представленного величиной постоянного тока.....	16
Измерения значения параметра представленного величиной переменного тока.....	16
Измерение частоты вращения ротора.....	18
Виртуальные каналы измерения.....	19
Запрос выборок и спектра сигнала.....	19
Защитные функции модуля.....	20
Проверка уставок по уровню измеряемого параметра.....	20
Детектирование «скачка» параметра.....	21
Настраиваемые частотные зоны.....	22
Унифицированные выходы.....	22
Логические выходы.....	23
Рекомендации по калибровке модуля.....	25
Калибровка по постоянному току.....	25
Калибровка по переменному току.....	26
Калибровка унифицированного выхода.....	27
Цифровые интерфейсы управления.....	28
Интерфейс RS485.....	28
Настройка параметров работы модуля по протоколу ModBus.....	28
Поддерживаемые команды протокола ModBus.....	29
Вычисление контрольной суммы в сообщениях.....	30
Особенности управления по протоколу ModBus.....	30
Интерфейс CAN2.0B.....	31
Стандартный режим работы.....	31
Ведомый интерфейс SPI.....	32
Параметры настройки и текущее состояние модуля (таблицы адресов).....	33
Параметры каналов измерения и системные настройки модуля.....	33
Интерфейсы связи.....	48
Идентификационная информация.....	49
Результаты измерений.....	50
Управляющие команды.....	59
Техническое обслуживание.....	61
Транспортирование и хранение.....	61
Гарантии изготовителя.....	61
Приложения.....	62
А. Расположение органов регулировки на плате модуля МК32.....	62
Б. Назначение контактов разъема X17.....	63
Г. Маркировка модуля.....	64

## Общие сведения

Универсальный 4-х каналный модуль контроля МК32 предназначен для измерения СКЗ и размаха сигналов переменного тока методом спектрального анализа сигналов датчика в режиме реального времени, а также для измерения постоянных и тахометрических сигналов. Выполняет функции защитного отключения оборудования.

В основе МК32 лежит высокопроизводительный 32-разрядный DSP процессор, позволяющий реализовать большой набор вычисляемых параметров, обеспечить доступ к результатам измерений и исходным данным по высокоскоростным интерфейсам RS485 и CAN2.0B, организовать удобный интерфейс пользователя, гибко настраиваемую систему внешней предупредительной и аварийной сигнализации.

Универсальный 4-х каналный модуль контроля МК32 позволяет выполнять все виды измерений аппаратуры «Вибробит 300» :

- СКЗ виброскорости опор подшипников;
- Суммарный вектор СКЗ виброскорости, вычисленный по оборотным составляющим;
- Размах виброперемещения ротора;
- Суммарный вектор размаха виброперемещения, вычисленный по оборотным составляющим;
- Абсолютное виброперемещение ротора, вычисленное по оборотным составляющим;
- Суммарный вектор абсолютного виброперемещения ротора, вычисленный по оборотным составляющим;
- Эксцентриситет ротора;
- Частота вращения ротора;
- Механические величины, представленные сигналами постоянного тока.

В стандартный набор функций канала измерения входит:

- Измерение постоянного тока датчика и контроль исправности датчика и линии связи;
- Измерение СКЗ и размаха сигнала переменного тока;
- Вычисление значение параметра (с периодом - 0.5с), сравнение с уставками;
- Контроль скачка измеряемого параметра;
- Передача вычисленного значения параметра на унифицированный токовый выход;
- Присвоение смыслового символического имени каналам измерения;

Кроме того модуль МК32 имеет четыре виртуальных канала измерения. Значение виртуальных каналов измерения вычисляется на основе оборотных составляющих физических каналов измерения.

Для виртуального канала измерения доступны следующие функции:

- Интегрирование аргумента 1;
- Сложение аргумента 1 и аргумента 2;
- Вычисление с учетом масштабирующего коэффициента,

где аргумент 1 и аргумент 2 значение параметра физического или виртуального канала измерения.

Для каждого физического канала измерения предусмотрено четыре настраиваемые частотные зоны. Каждая из них может быть настроена на работу как с фиксированными так и с плавающими частотными границами. Частотные зоны с плавающими границами привязаны к оборотной составляющей настраиваемыми коэффициентами. Для каждой частотной зоны каждого канала модуль производит измерения основного параметра (СКЗ или размах сигнала переменного тока).

Модуль контроля МК32 имеет режим совместимости с модулями МК20 и МК30. В этом режиме работы модуль МК32 измеряет и отображает результаты измерений аналогично модулям контроля МК20 и МК30. В этом режиме доступны дополнительные настройки по выбору выводимой на ЖКИ информации и формат отображения данных.

К другим особенностям модуля МК32 относятся:

- Входные сигналы каналов измерения: 0(1) – 5мА; 0(4) – 20мА; 0 – 3В;
- 14 логических выходов с настраиваемым в аналитическом виде алгоритмом работы для реализации схем сигнализации и защиты;
- 4 независимых унифицированных токовых выхода с возможностью программной настройки диапазона;
- Поддерживаемые интерфейсы связи: RS485, CAN2.0B, диагностический интерфейс;
- Сервисное программное обеспечение для ПК визуализации текущего состояния, настройки и калибровки модуля;
- Модуль МК32 поставляется в 2-х вариантах исполнения:
  - Вариант 'DC' – ограниченная система индикации, лицевая панель 20мм. Настройка, просмотр измеренных значений и состояние модуля возможно только по цифровым интерфейсам связи;
  - Вариант 'DC-20' – расширенная система индикации и управления, лицевая панель 40мм. На лицевой панели расположен графический ЖКИ 122x32 точек, дополнительные светодиоды индикации и управляющие кнопки;
- Однополярное питание модуля постоянным напряжением +24В, низкое энергопотребление;
- Питание преобразователей (датчиков) осуществляется через самовосстанавливающиеся предохранители 200мА, установленные на плате модуля МК32, постоянным напряжением +24В;

Все настройки модуля МК32 осуществляется с помощью персонального компьютера или специализированного прибора наладчика ПН31. Для настройки модуля с помощью персонального компьютера на компьютере должна быть запущена программа ModuleConfigurator.exe, модуль МК32 должен быть подключен к компьютеру через плату диагностического интерфейса MC01 USB (интерфейс ПК USB).

**Технические характеристики**

Таблица 1. Технические характеристики модуля МК32

Наименование параметра	Значение
Количество каналов измерения	4
Количество входов измерения частоты	2
Количество дополнительных логических входов	1
Диапазоны измерения и сигнализации постоянных сигналов	определяется типом подключенного датчика
Диапазон измерения частоты вращения ротора, об/мин	1 – 12000
Диапазоны измерения входного сигнала - постоянного тока, мА - постоянного напряжения, В - двойной амплитуды синусоидального переменного тока, мА <sub>СКЗ</sub> - двойной амплитуды синусоидального переменного напряжения, В <sub>СКЗ</sub>	0(1) – 5; 0(4) – 20 0 – 3 0 – 1,41; 0 – 5,656 0 – 0,792
Входное сопротивление, Ом - постоянного тока - постоянного напряжения	560 ± 2; 140 ± 0.5 не менее 50 000
Диапазоны частот измерения (от и до включ.), (f), Гц: - двойной амплитуды входного сигнала переменного тока или напряжения - СКЗ входного сигнала переменного тока или напряжения; - двойной амплитуды, СКЗ и фазы оборотной составляющей входного сигнала переменного тока или напряжения	5 — 500 10 — 1000 0,05 — 160
Диапазон измерения фазы синусоидального сигнала (от и до включ.), (F), гр.	0 – 360
Базовая частота измерения, Гц	80 ± 1
Пределы допустимой основной относительной погрешности измерения на базовой частоте, % - по постоянному току (напряжению) - по переменному току (физических каналов измерения) - по переменному току (вычисленных каналов измерения)	±0.5 ±1.0 ±2.0
Предел допускаемой основной абсолютной погрешности канала измерения оборотов ротора, об/мин, не более	± 2.0
Предел допускаемой основной абсолютной погрешности измерения фазы входного синусоидального сигнала, гр.	±4,0
Пределы допускаемой основной относительной погрешности измерения переменного сигнала, %, не более - по унифицированному сигналу - по цифровому индикатору	± 1.0 ± 1.0
Предел допускаемой относительной погрешности срабатывания сигнализации скачка, %	±10,0
Время обновления показаний и работы логики сигнализации и защиты, с - каналы измерения постоянного сигнала - канал измерения переменного сигнала - каналы измерения частоты вращения ротора	0,5 0,5 0,5 - 60
Неравномерность амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) в диапазонах частот, %: - 5 – 10 Гц - 10 – 250 Гц - 250 – 500 Гц - 0.05 – 160 Гц (для оборотных составляющих)	+2,0; -10,0; ±2,0 +2,0; -10,0 ±2,0
Количество унифицированных выходов	4
Выходной унифицированный сигнал постоянного тока, мА	0(1) – 5; 0(4) – 20
Сопротивление нагрузки выходного унифицированного сигнала, Ом, не более	2000; 500
Параметры импульсного входного сигнала: - амплитуда импульса, (от и до включ.), В - длительность импульса, мс, не менее	0 – 5 0,01
Общее количество назначаемых уставок	32

Количество дискретных (логических) выходов	14
Выходные дискретные сигналы модуля - постоянное напряжение, В, не более - ток выхода, мА, не более	открытый коллектор 24 200
Типы поддерживаемых цифровых интерфейсов связи	RS485 (ModBus) CAN 2.0B диагностический SPI
Режимы индикации	без индикатора МИ-11, МИ-001 МИ-20
Напряжение питания, В	+(24 ± 1)
Потребляемый ток, мА, не более	100 <sup>2)</sup>
Диапазон рабочей температуры окружающего воздуха (от и до включ.), °С	0 – +70

Примечания:

1. Для каналов измерения 1, 2. При включении функции измерения частоты измерение постоянного сигнала не выполняется (постоянный ток датчика вычисляется).
2. Ток потребления указан без учета вытекающего тока унифицированных выходов.

Таблица 2. Доступность видов измеряемых параметров по физическим каналам измерения

Параметр	Канал			
	1	2	3	4
Параметры, представленные сигналами постоянного тока	Да	Да	Да	Да
Частота вращения ротора	Да	Да		
1-я оборотная	Да	Да	Да	Да
СКЗ виброскорости	Да	Да	Да	Да
Размах виброперемещения	Да	Да	Да	Да

Примечание. Для каждого канала может быть назначен только один из видов измерения.

Таблица 3. Дополнительные характеристики МК32

Наименование параметра	Значение
Габаритные размеры, мм - модуль контроля МК32-DC - модуль контроля МК32-DC-20	20.1 x 130 x 190 40.3 x 130 x 190
Масса, кг, не более - модуль контроля МК32-DC - модуль контроля МК32-DC-20	0.15 0.20
Время готовности (прогрева), мин, не более	1
Режим работы	непрерывный
Средняя наработка на отказ (расчетное), часов, не менее	100 000
Средний срок службы, лет	10
Допустимая относительная влажность, %	80 при темп. +35°C
Гарантийный срок эксплуатации, месяцев	24
Условия транспортирования по ГОСТ 23216-78	Ж
Условия хранения по ГОСТ 11550-69	ЖЗ

## Средства индикации и управления

### Модуль МК32, - вариант 'DC'

В модулях предусмотрено 4 сигнальных светодиода, установленных на лицевой панели модуля (Рисунок 1):

- Зеленый светодиод 'Pwr' - индикация нормального напряжения питания;
- Двухцветный светодиод 'Ok' - индикация состояния модуля:
  - Зеленый цвет – нормальная работа модуля, логическая сигнализация включена;
  - Желтый цвет - модуль работает нормально, выходная логическая сигнализация заблокирована;
  - Красный цвет - фатальная ошибка в работе модуля, выходная логическая и аналоговая сигнализация заблокирована
- Желтый светодиод 'War' - предупреждение (условия включения светодиода определяются пользователем, посредством настройки логических правил аналогично логическим выходам);
- Красный светодиод 'Alarm' - авария (условия включения светодиода определяются пользователем, посредством настройки логических правил аналогично логическим выходам).

В этом варианте исполнения сигнальные светодиоды становятся единственным средством индикации состояния модуля, не считая возможности подключения диагностическим прибором или доступа к результатам измерений по внешним интерфейсам RS485 и CAN2.0B.



Рисунок 1. Лицевая панель 'DC' модуля МК32

**Модуль МК32 - вариант 'DC-20'**

Дополнительно к сигнальным светодиодам в модулях для вывода результатов измерения параметров вибрации предусмотрен графический ЖКИ 32x122 и две управляющих кнопки (Рисунок 2).

Переключение режимов отображения данных осуществляется с помощью 2-х кнопок 'Mode' и 'Sel', установленных на лицевой панели модуля под ЖКИ.

**Управляющие кнопки**

Предусмотрено две кнопки для управления модулем и режимами индикации, устанавливаемые на лицевой панели, и одна потайная кнопка – кнопка сброса устройства.

Назначение кнопок:

**Кнопка №1 'Mode'** – переключение режима отображения результатов измерений «полный вывод» информации по каналу или режим «гистограммы». Если в системе не настроена ни одна гистограмма, то переключения в режим гистограмм выполняться не будет.

**Кнопка №2 'Sel'** - По нажатию на кнопку в режиме «гистограммы» циклически переключаются настроенные гистограммы для вывода на ЖКИ. В режиме «полный вывод» по нажатию на кнопку переключаются каналы измерения.

**Кнопка №3 'Reset'** - кнопка утоплена и не доступна для случайного нажатия. Сброс модуля происходит по нажатию на кнопку с определенной последовательностью: кратковременно нажать на кнопку 'Reset', отпустить, вновь нажать и удерживать, пока не произойдет сброс модуля.

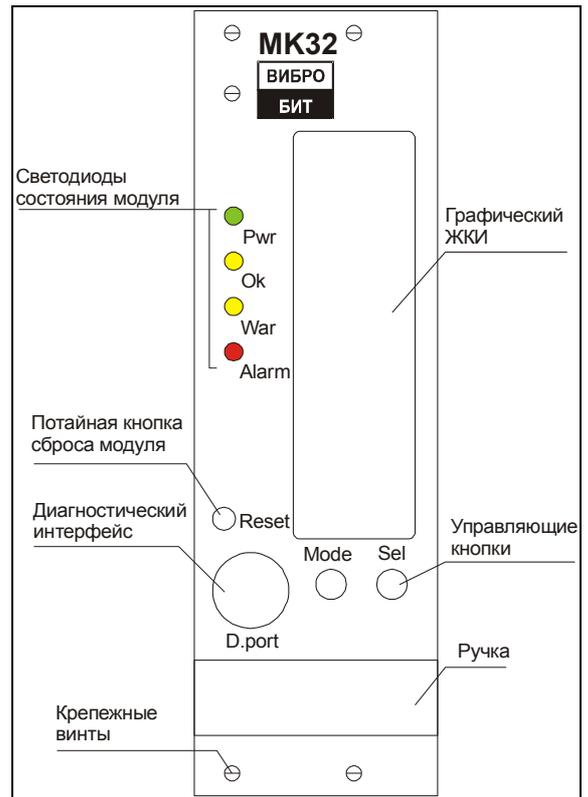


Рисунок 2. Лицевая панель 'DC-20' модуля МК32

Также предусмотрены некоторые комбинации нажатия кнопок для управления состоянием модуля:

**Длительное удержание кнопок 'Mode' и 'Sel'** приводит к блокировке выходной логической сигнализации. Функция блокировки выходной логической сигнализации может быть полезна, когда необходимо, например, произвести ревизию датчика, подключенного к данному модулю без опасения, что это вызовет аварийную остановку агрегата.

**Длительное удержание кнопки 'Mode'** - в режиме «полный вывод» сбрасывает флаги обнаруженных «скачков» параметров и если необходимо, то и алгоритмы детектирования скачка для канала, отображаемого на ЖКИ.

**Вывод информации на ЖКИ**

Вывод результатов измерения параметров вибрации осуществляется в одном из двух режимов:

- В виде гистограммы;
- Полная информация по каналу.

Оба режима индикации предусматривает гибкую настройку формата вывода данных, позволяя без корректировки кода программы легко изменить количество и формат отображаемых параметров. Для отображения числовых значений параметров предусмотрено несколько форматов отображения (Таблица 4). Если при попытке вывести значение, выходящее за границы допустимых значений для данного формата, на ЖКИ будет отображено граничного значение.

Таблица 4. Зарезервированные форматы для вывода числовых значений параметров на ЖКИ

Формат	Максимальное значение	Минимальное значение
#.###	9.999	0.000
##.##	99.99	-9.99
###.#	999.9	-99.9
####	99999	-9999

**Режим отображения «гистограмма»**

В режиме вывода данных «гистограммы» информация представляется в виде 4-х закрашенных столбиков, высота которых пропорциональна значению выводимых параметров. Столбик слева соответствует 1-му каналу измерений, столбик справа 4-му каналу измерений (Рисунок 3).

В верхней строке ЖКИ отображается название гистограммы, а под названием, начиная с 1-го канала, выводятся числовые значения параметров в установленном формате.

Если для выводимого параметра предусмотрены уставки, то они отображаются в виде черточек по каждому каналу в отдельности.

Маска вывода данных накладывается на регистр статуса канала. Если хотя бы один бит статуса по маске будет установлен в '1', то построение гистограммы по данному каналу выполняться не будет, а вместо числового значения отображается число 0.

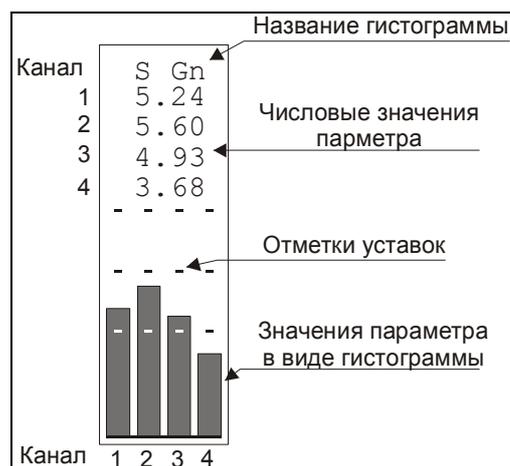


Рисунок 3. Пример вывода данных в виде гистограммы для модуля МК32

При переходе в режим отображения «гистограммы» на ЖКИ будет отображена 1-я зарегистрированная гистограмма. Нажимая на кнопку 'Sel' на ЖКИ последовательно циклически отображаются все зарегистрированные гистограммы.

Посторонние гистограммы отрицательных величин выполняется по абсолютному значению, а числовое значение отображается отрицательным.

Если на гистограмме выводится параметр, для которого предусмотрены уставки, то уровень уставки отображается в виде черточек (Рисунок 3).

**Настройка отображения гистограмм по умолчанию:**

В режиме измерения размаха (2-я амплитуда) сигналов переменного тока по умолчанию зарегистрировано 8 гистограмм:

1. Размах виброперемещения 5Гц – 500Гц;
2. Размах НЧ виброперемещения 5Гц – F/2;
3. Размах ВЧ виброперемещения 2F – 500Гц;
4. Ток датчика;
5. Размах 1-й оборотной виброперемещения;
6. Фаза 1-й оборотной виброперемещения;
7. Размах 2-й оборотной виброперемещения;
8. Фаза 2-й оборотной виброперемещения.

В режиме измерения СКЗ сигналов переменного тока по умолчанию также зарегистрировано 8 гистограмм:

1. Общее СКЗ виброскорости 10Гц – 1000Гц;
2. НЧ СКЗ виброскорости 10Гц – F/2;
3. ВЧ СКЗ виброскорости 2F – 1000Гц;
4. Ток датчика;
5. СКЗ 1-й оборотной виброскорости;
6. Фаза 1-й оборотной виброскорости;
7. СКЗ 2-й оборотной виброскорости;
8. Фаза 2-й оборотной виброскорости.

**Режим отображения «полная информация»**

В режиме индикации «полная информация» на ЖКИ выводятся значения параметров, связанные только с текущим каналом измерения, в предварительно настроенном формате. Формат вывод данных для всех каналов измерения одинаков.

В верхней строке ЖКИ отображается номер канала измерения. Остальные 14 строк отображают информацию по выбранному каналу измерения в соответствии с типом измеряемой величины (Рисунок 4 и Рисунок 5).

Флаг выхода за уставку

Ch	№ канала
1 60	Виброперем. 5-500 Гц
5	Виброперем. 5-f/2 Гц
12	Виброперем. 2*f - 1500Гц
153	Виброперем. f
20°	Фаза f
10	Виброперем. 2 * f
12°	Фаза 2 * f
15	Виброперем. 1/2f
200	Зазор
5.40	Ток датчика
3000	Частота вращения
Jump	Обнаружен "скачек" параметра
	Неисправность датчика (неисправности нет)

Рисунок 4. Пример вывода информации в режиме «полная информация» при измерении размаха виброперемещения.

Флаг выхода за уставку

Ch	№ канала
6.30	СКЗ 10-1000 Гц
0.30	СКЗ 10-f/2 Гц
0.45	СКЗ 2*f - 1000Гц
5.21	СКЗ f
-20°	Фаза f
0.82	СКЗ 2 * f
12°	Фаза 2 * f
0.047	Амплитуда виброперемещения
-70°	Фаза виброперемещения
2.98	Коэффициент формы
5.60	Ток датчика
3000	Частота вращения
Jump	Обнаружен "скачок" параметра
	Неисправность датчика (неисправности нет)

Рисунок 5. Пример вывода информации в режиме «полная информация» при измерении СКЗ вибрации.

## Работа модуля

### Включение питания

По включению питания параметры работы модуля МК32 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 (из основной и резервной секции), то работа модуля блокируется, светодиод 'Ok' на лицевой панели будет светиться красным цветом.

При нормальной загрузке параметров работы перед началом работы модуля МК32:

- **МК32-DC** – светодиод 'Ok' мигает желтым цветом, показывая, что идет стартовая инициализация модуля;
- **МК32-DC-20** - светодиод 'Ok' светится желтым цветом, на индикаторе отображается серийный номер модуля, затем, год выпуска модуля и проводится стартовая инициализация МК32.

**Примечание.** Не рекомендуется, но допускается, «горячая» замена модуля МК32 в секции без выключения питания для всех вариантов исполнения модуля МК32.

После включения питания (сброса) модуля МК32 работа логических выходов заблокирована на установленное время. Если работа логических выходов заблокирована, светодиод 'Ok' светится желтым цветом.

### Сброс модуля

При сбросе модуля производится аппаратный сброс микроконтроллера и выполняется последовательность действий, соответствующая включению питания. Причинами сброса модуля МК32 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 МК32, 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 МК32.

### «Холодный старт» модуля

«Холодный» старт предназначен для записи в энергонезависимую память модуля настроек по умолчанию. Эта функция полезна при первоначальном включении модуля после сборки или в случае, когда необходимо выполнить повторную калибровку модуля.

Переход в режим «Холодного старта» выполняется удержанием кнопки 'Reset' во время всего цикла вывода идентификационной информации.

Если обнаружен переход в режим «Холодного» старта, то в момент вывода результатов самодиагностики на ЖКИ 2-х цветный светодиод 'Ok' включится желтым цветом, а светодиод 'War' продолжит мигать. После вывода результатов самодиагностики ожидается подтверждение «Холодного» старта модуля (Рисунок 6).

**Примечание.** Если обнаружена ошибка энергонезависимой памяти или запись в память заблокирована, то переход в режим «Холодный старт» не происходит.

В момент ожидания подтверждения «Холодного старта» на ЖКИ мигает надпись "COLD START" и в нижней части ЖКИ заполняется индикатор ожидания.

Если в течение 10 секунд не будет введено подтверждение «Холодного старта», произойдет сброс модуля.

Правильность ввода последовательности подтверждения «Холодного старта» отображается в виде появляющихся символов '\*' по каждому правильному действию.

Если последовательность подтверждения была нарушена, то нужно повторить заново всю последовательность подтверждения. Такой подход позволяет предотвратить случайную порчу данных в энергонезависимой памяти.

Последовательность подтверждения «Холодного» старта: кратковременно нажмите на кнопку 'Reset', а затем нажмите кнопку 'Reset' и удерживайте ее, пока не начнется запись в память настроек по умолчанию.



Рисунок 6. Ожидание подтверждения «Холодного» старта



Рисунок 7. Процесс записи в энергонезависимую память настроек по умолчанию

По правильно введенной последовательности немедленно начинается запись настроек по умолчанию в энергонезависимую память. Данные записываются в обе секции основную и резервную, с выполнением контрольного чтения.

На ЖКИ отображается сообщение, о том, что выполняется запись данных, а внизу ЖКИ расположен индикатор записи (Рисунок 7).

После записи на ЖКИ выводится сообщение о результатах сохранения настроек по умолчанию в энергонезависимую память (ERROR – запись не выполнена; OK – запись настроек по умолчанию успешно завершена).

Выдав результаты записи в энергонезависимую память, через 5 секунд, автоматически выполняется сброс модуля.

**Примечание.** Запись в энергонезависимую память не будет выполняться, если запись в EEPROM заблокирована аппаратно (перемычкой на плате).

### Измерение параметров

Модуль МК32 работает в режиме реального времени с периодичностью обновления результатов измерения 0,5с.

Для всех каналов измерения выполняется:

- Вычисление расчетных коэффициентов значения тока по калибровочным данным;
- Вычисление постоянного тока датчика;
- Контроль исправности канала измерения на основе значения постоянного тока датчика:
  - Контроль верхней и нижней границы постоянного тока датчика;
  - Время детектирования неисправности и нормализации работы канала измерения.
- Вычисление реальные значения измеряемого параметра;
- Сравнение вычисленного значения параметра с уставками и сигнализация о выходе за уставки;
- Передача измеренных значений на унифицированные выходы;
- Формирование логической сигнализации;
- Обновление данные на средствах индикации.

Параметры настройки и тип входного сигнала устанавливаются переключкой на плате МК32 (назначение переключек и их положений смотрите в приложении):

- ток 4 – 20мА;
- ток 1 – 5мА;
- напряжение 0 – 3 В.

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 переключкой. Диапазон входных сигналов по напряжению от 0 до 3В.

**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 (Баттерворта, 8-го порядка) и поступает на вход 12-разрядного АЦП, встроенного в микроконтроллер. За 1 с производится 4096 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 14 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 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 (20% от  $\text{ConstCurrentMax}, \text{ConstCurrentMax}$ ) и сохраненным значениям АЦП ( $\text{ConstAdcMin}, \text{ConstAdcMax}$ ), соответствующим входному диапазону тока датчика, на котором проведена калибровка.

**Примечание.** Если одна из пар калибровочных значений (20% от  $\text{ConstCurrentMax}, \text{ConstCurrentMax}$  или  $\text{ConstAdcMin}, \text{ConstAdcMax}$ ) 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  $I_{sense}$ . Датчик считается исправным, если значение находится в допустимых пределах ( $CurrentLow$ ,  $CurrentHigh$ ), устанавливаемых при настройке модуля.

Контроль минимального/максимального допустимого тока датчика может быть выключен в настройках модуля ( $CurrentLowCheck$ ,  $CurrentHighCheck$  соответственно). Если по одной из границ контроль тока датчика выключен, то считается что датчик исправен независимо от вычисленного тока датчика.

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

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

При любом установленном флаге ненормального уровня тока датчика ( $ErrorSenseLow$ ,  $ErrorSenseHigh$ ) значение измеряемого параметра принимается равном нулю.

Не рекомендуется устанавливать значение гистерезиса теста тока датчика ( $CurrentCheckHist$ ) равный нулю, поскольку может возникнуть эффект частого переключения сигнализации.

После нормализации работы датчика и сброса флагов  $ErrorSenseLow$ ,  $ErrorSenseHigh$  сбрасывается флаг  $ErrorFlag$  через установленный интервал времени  $InitChannelTimeOut$ . После сброса флага  $ErrorFlag$  вычисленное значение измеряемого параметра сравнивается с уставками.

На рисунке 8 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.

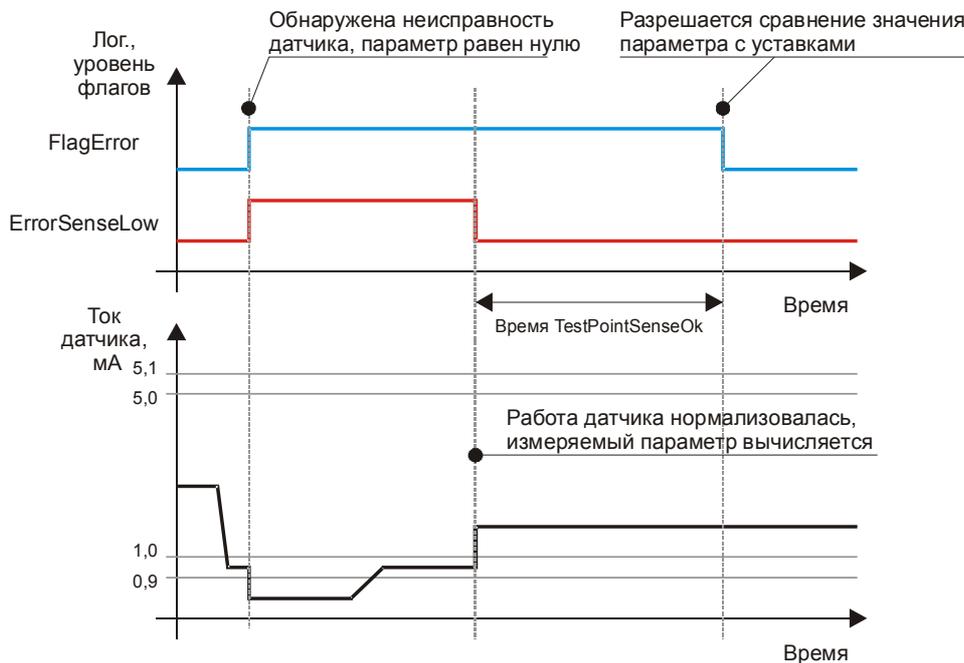


Рисунок 8. Работа алгоритма теста датчика при снижении постоянного тока датчика ниже допустимого уровня

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  $ErrorFlag$ .

### **Измерения значения параметра представленного величиной постоянного тока**

Значение параметра вычисляется из значения измеренного тока датчика, если не обнаружена неисправность датчика (флаги `ErrorSenseLow`, `ErrorSenseHigh` сброшены). Если обнаружена неисправность датчика (один из флагов `ErrorSenseLow`, `ErrorSenseHigh` установлен), значение измеряемого параметра не вычисляется и принимается равным нулю.

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.

Если канал настроен на режим измерения постоянных сигналов, 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 (`ConstCurrentMin`, `ConstCurrentMax`) и установленному диапазону измеряемого параметра (`ConstValueMin`, `ConstValueMax`).

**Примечание.** Если одна из пар значений (`ConstCurrentMin`, `ConstCurrentMax` или `ConstValueMin`, `ConstValueMax`) 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).

Формат вывода данных на индикатор определяется при настройке модуля (параметр `FormatOut`). Типы форматов вывода данных на индикатор смотрите в таблице 4.

Дополнительно в памяти модуля пользователь может сохранить единицы измерения канала в символьном виде с кодировкой ASCII (до 7 символов, параметр `Units`) и описание канала измерения (до 15 символов, параметр `Description`).

### **Измерения значения параметра представленного величиной переменного тока**

Измерение физических сигналов, представленных сигналами переменного тока осуществляется на основе спектрального анализа входного сигнала. Обработка входного сигнала осуществляется двумя независимыми алгоритмами:

- Вычисление общего уровня СКЗ виброскорости, размаха виброперемещения;
- Вычисление оборотных составляющих.

#### Вычисление общего уровня

Входной сигнал оцифровывается с помощью 12-разрядного АЦП с частотой 4096Гц. Частотный диапазон входного сигнала ограничивается ФНЧ с частотой среза 1300Гц. Над полученной выборкой выполняется взвешивание окном, затем БПФ. Полученный комплексный сигнал используется для дальнейших вычислений.

Над выборкой частотой 4096Гц, подготовленной к БПФ могут быть выполнены следующие операции (определяется при настройке модуля):

- Вычисление постоянной составляющей сигнала;
- Взвешивание окном (Хемминга);
- БПФ – результат 2048 спектральных составляющих по 1Гц;
- Очистка спектра от математического шума БПФ.

### Вычисление оборотных составляющих

Для расчета оборотных составляющих выполняется выборка сигнала за 2 оборота ротора (всего 512 выборок). При уменьшении частоты вращения ротора меньше 60 об/мин динамически уменьшается число оборотов ротора, участвующих в выборке, до 1 оборота.

Полученная выборка может быть подвержена следующим функциям:

- Компенсация неровности ротора (при измерении виброперемещения);
- Взвешивание окном (прямоугольным);
- БПФ – результат 22 спектральных составляющих по 1/2 оборотной составляющей;

При низкой частоте вращения ротора (уровень определяется пользователем) выполняется изучение поверхности ротора для последующего вычитания при измерении виброперемещения.

Вычисление оборотных составляющих без импульсов синхронизации производится по указанной базовой частоте ротора. При вычислении оборотных составляющих без импульсов синхронизации, фазы оборотных составляющих не вычисляются.

Над полученным комплексным сигналом спектра оборотных могут выполняться следующие операции:

- Коррекция амплитудно-фазочастотной характеристики датчика и входных фильтров;
- Вычисление СКЗ (размаха) оборотных составляющих их фазы;
- Коррекция фазы с учетом положения датчика;
- Вычисление фазы, только при уровне сигнала оборотной составляющей выше установленного значения;
- Операция интегрирования для вычисления виброперемещения из сигнала виброскорости

### Измерение СКЗ виброскорости

Все каналы измерения могут быть настроены в режим измерения СКЗ виброскорости. СКЗ виброскорости вычисляется на основе полученного комплексного спектра сигнала разрешением 1Гц.

Основные характеристики измерения СКЗ виброскорости:

- Четыре настраиваемых частотных зоны с фиксированными значениями частот, а также с учетом частоты вращения ротора (1/2 оборотной, 2-я оборотная и т.д.);
- Верхняя граница частотных зон 1500 Гц;
- Вычисление 10 оборотных составляющих СКЗ виброскорости и их фазы;

### Измерение размах виброперемещения

Все каналы измерения могут быть настроены в режим измерения размаха виброперемещения. Размах виброперемещения вычисляется на основе полученного комплексного спектра со спектральным разрешением 1Гц. Из полученного спектра выделяется нужный диапазон частот и выполняется обратное БПФ. По полученному полигармоническому сигналу определяется размах виброперемещения.

Основные характеристики вычисления СКЗ виброскорости:

- Две настраиваемых частотных зоны с фиксированными значениями частот, а также с учетом частоты вращения ротора (1/2 оборотной, 2-я оборотная и т.д.);
- Верхняя граница частотных зон 500 Гц;
- Вычисление 10 оборотных составляющих размаха виброперемещения и их фазы.

Для достоверных вычислений фазовый составляющих в модуле МК32 реализован настраиваемый параметр - PhaseCorrect — коэффициент коррекции фазового сдвига.

При отсутствии импульсов синхронизации, низкой или слишком высокой частоты импульсов синхронизации - блокируются все вычисления, в которых задействована частота вращения агрегата, значение соответствующих величин становятся равными нулю;

Ток датчика вычисляется по постоянной составляющей, полученной в результате усреднения выборок АЦП. Перевод полученного значения постоянной составляющей из размерности АЦП в ток датчика производится аналогично работе канала при измерении постоянного тока, описанной выше.

Постоянное смещение (зазор) датчика вычисляется по данным установленного диапазона работы и усредненному току датчика.

### Измерение частоты вращения ротора

Тахометрические импульсы подаются на входы синхронизации, имеющие подтягивающие резисторы 1кОм (устанавливается перемычкой) к +3,3В. При необходимости работы с «токовыми» сигналами и контролем исправности канала измерения, тахометрические импульсы должны быть поданы на входы каналов измерения 1 или 2, а канал измерения настроен на режим измерения частоты вращения.

Канал в режиме измерения частоты выполняет следующие основные операции:

- Вычисляет ток датчика и контролирует исправность датчика;
- Измеряет частоту вращения ротора;
- Повторяет тахометрические импульсы для синхронизации модулей контроля, измеряющие переменные сигналы (только для контрольной поверхности «паз»);
- Сравнивает вычисленные значения параметра с уставками и сигнализирует о выходе за уставки;

Настраиваемые параметры:

- Диапазон измерения частоты;
- Период измерения частоты вращения от 500мс. В случае, когда период импульсов сигнала больше установленного периода измерения, значение периода измерения принимается равным значению периода импульсов сигнала;
- Число зубьев шестерни от 1 (паз) до 250;
- Минимальная измеряемая частота об/мин (для определения режима «СТОП»);
- Генерация импульсов синхронизации, для синхронизации модулей измерения переменных сигналов (только для режима «Паз»);
- Полярность импульсов синхронизации (входных/выходных);

Каналы измерения переменных сигналов могут выполнять синхронизацию в следующих режимах

(*SynchronizationMode*):

- Если *SynchronizationMode* установлен в 0 - синхронизации нет. Обратные составляющие не вычисляются.
- Если *SynchronizationMode* установлен в 1 - синхронизация только по 1-му входу измерения частоты.
- Если *SynchronizationMode* установлен в 2 - синхронизация только по 2-му входу измерения частоты.
- Если *SynchronizationMode* установлен в 3 - основным каналом синхронизации является вход №1. При отсутствии импульсов по входу №1, синхронизация вычислений автоматически переключается на вход №2.

Измерение частоты вращения ротора выполняется, если не обнаружена неисправность датчика (флаги *ErrorSenseLow*, *ErrorSenseHigh* сброшены). Если обнаружена неисправность датчика (один из флагов *ErrorSenseLow*, *ErrorSenseHigh* установлен), частота вращения ротора не вычисляется и принимается равным нулю.

**Примечание.** Импульсы синхронизации генерируются (при разрешении в настройках модуля), даже если обнаружена неисправность датчика.

Определение частоты вращения ротора осуществляется методом измерения периода импульсов синхронизации, подсчетом числа передних фронтов тактового сигнала частотой 25МГц между двумя активными фронтами импульсов синхронизации.

Значение периода импульсов синхронизации усредняется за цикл измерения, затем вычисляется частота вращения ротора в об/мин (с учетом настроенного числа импульсов на оборот ротора).

Если за время цикла измерения был зафиксирован только один период импульсов синхронизации, то в расчете частоты используется не усредненное значение периода.

Минимальная измеряемая частота вращения ротора задается параметром *MinFrequencyRPM* (не менее 0.9 об/мин).

Полярность входных импульсов определяется параметром *ActiveFront*.

Для работы с разными контрольными поверхностями (паз, шестерня) предусмотрен параметр *Tooth*, который определяет число импульсов на один оборот. Для случаев *Tooth* больше 1 (шестерня) фаза не

вычисляется.

Если частота вращения ротора меньше установленного значения, считается, что импульсы синхронизации отсутствуют (ротор остановлен).

### **Виртуальные каналы измерения**

Модуль контроля МК32 имеет четыре независимых виртуальных канала измерения. Значение виртуальных каналов измерения вычисляется на основе оборотных составляющих физических каналов измерения. В вычислениях участвует 22 комплексных спектральных составляющих (каждая спектральная составляющая кратна 1/2 оборотной составляющей).

Для виртуального канала измерения доступны следующие функции:

- Интегрирование аргумента 1;
- Сложение аргумента 1 и аргумента 2;
- Вычисление с учетом масштабирующего коэффициента,

где аргумент 1 и аргумент 2 оборотные составляющие измерения параметра физического или виртуального каналов измерения.

Настраиваемые параметры для каждого виртуального канала:

- Разрешение работы канала измерения (Enabled) (1 - канал включен)
- Режим работы (ModeWork):
  - 0 - интегрирование аргумента 1 (аргумент 1 - СКЗ сигнала)
  - 1 - сложение аргумента 1 и аргумента 2
- Аргумент 1 (Argument1):
  - биты 7:0 - номер канала измерения;
  - бит 8 - вид канала измерения (0 - реальный; 1 - виртуальный);
  - биты 15:9 - резерв, должен равняться нулю;
- Аргумент 2 (Argument2) - назначение битов аналогично аргументу 1
- Маска неисправностей (ParameterCheckErrors) согласно таблицам результатов измерения, битовая последовательность соответствует параметру CommonError;
- Применять масштабирующий коэффициент (UseScaleFactor) (0 - не применять);
- Верхнее значение диапазона параметра по переменному току (ValueMax);
- Единицы измерения (Units);

Результаты вычислений виртуальных каналов могут быть настроены на вывод ЖКИ а также доступны по интерфейсам связи для считывания.

### **Запрос выборок и спектра сигнала**

Модуль МК32 имеет возможность выполнять захват выборки и спектра сигнала, одновременно по четырем канала измерения. Единовременно может быть выполнен только один тип захвата.

Виды исходного сигнала, доступные для захвата:

- 4096 выборок за 1 секунду (дискретизация 4096Гц);
- 512 выборки за 2 оборота ротора (дискретизация зависит от частоты вращения).

Полученная выборка может быть пересчитана в мгновенный ток датчика.

Доступны для запроса спектра 2048 спектральных линий с разрешением 1Гц (1 - 2047 Гц), без значений фазы.

Полученные спектры могут быть предварительно пересчитаны в один из физических параметров:

- СКЗ виброскорости;
- размах виброперемещения.

Для виртуальных каналов измерения доступны для захвата спектр из 22 спектральных линий с разрешением 1/2 оборотной составляющей.

Ориентировочная готовность спектров/выборок для считывания, после подачи запроса, 2-4 секунды.

Поддержка широковещательных команд на цифровых интерфейсах связи (RS485, CAN2.0B) позволяет выполнять одновременный захват выборки/спектра по всем каналам измерения всех модулей, работающих на один агрегат.

### Защитные функции модуля

Модуль контроля МК32 имеет возможность в защитных целях формировать логические сигналы сигнализации и аварийного отключения агрегата. Для контроля за параметрами в модуле реализованы функции контроля величины измеряемого параметра (проверка уставок по уровню измеряемого параметра) и алгоритмы детектирования «скачка» параметра.

#### Проверка уставок по уровню измеряемого параметра

В модуле МК32 предусмотрено 32 назначаемые уставки. Все уставки имеют индивидуальные и однотипные параметры настройки, а так же работают независимо друг от друга. Каждая уставка может быть настроена на контроль за одним из параметров модуля МК32.

Для всех уставок имеются следующие параметры настройки:

- Режим работы уставки (CheckMode): 0 - выключена;  
1 - контроль «вверх»;  
2 - контроль «вниз»;
- Адрес параметра (ParameterAddress) согласно таблицам результатов измерения;
- Маска неисправностей (ParameterCheckErrors) согласно таблицам результатов измерения, битовая последовательность соответствует параметру CommonError;
- Время детектирования перехода через уставку по 0,5с (TimeOut)
- Значение уставки (CheckValue)
- Гистерезис по уставке (CheckValueHist)

Если значение контролируемого параметра было выше (ниже) уставки «вверх» («вниз») в течение времени (TimeOut), то устанавливается в '1' соответствующий флаг выхода параметра за уставку (ControlPoint).

В случае установленного флага выхода параметра за уставку, значение измеряемого параметра должно быть меньше (больше) соответствующей уставки минус (плюс) гистерезис (CheckValueHist) в течение установленного времени, чтобы сбросить в '0' флаг выхода параметра за уставку. Такой подход позволяет предупредить возможный триггерный эффект при величине измеряемого параметра близкого к значению уставки.

На рисунке 9 показан пример работы сигнализации по уставке 1.7мм (контроль осевого сдвига ротора) с гистерезисом 0.02мм.

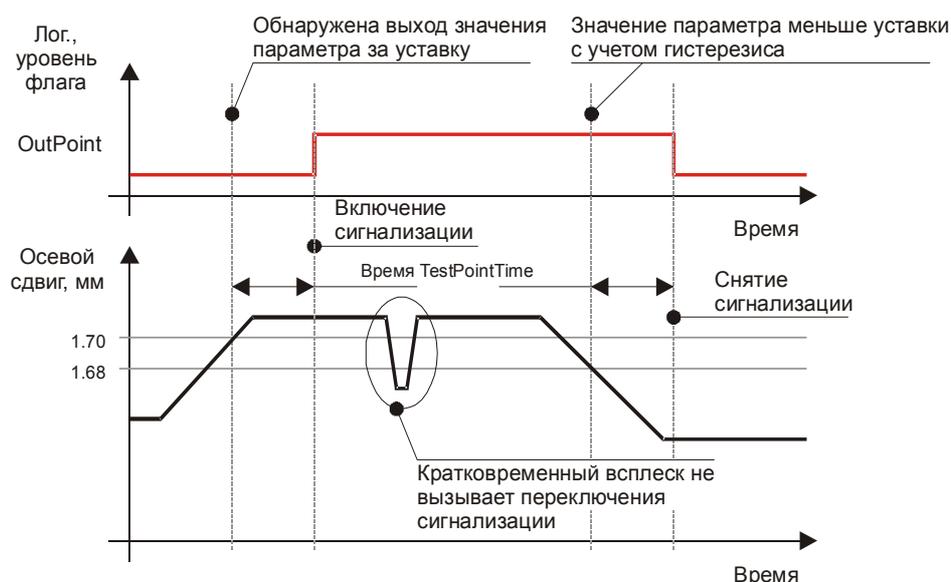


Рисунок 9. Пример работы алгоритма работы уставки (режим – проверка выше уставки)

### **Детектирование «скачка» параметра**

Для обнаружения мгновенного и необратимого изменения значения параметра реализовано 8 независимых алгоритм детектирования «скачка» параметра. Каждый алгоритм может быть настроен на контроль за одним из параметров модуля МК32. Алгоритм детектирования «скачка» одинаков для всех измеряемых параметров, но для каждого параметра могут быть свои настройки детектирования «скачка».

Для всех алгоритмов имеются следующие параметры настройки:

- Режим работы скачка (Enabled): 0 - выключен;  
1 — включен;
- Тайм аут инициализации по 0.5с (TimeOutInit) – время ожидания стабилизации параметра после нормализации работы датчика или стабилизации частоты вращения для оборотных составляющих;
- Тайм аут стабилизации по 0.5с (TimeOutStable) – время ожидания стабилизации параметра, если изменение параметра менее ValueSense за один цикл измерения (0,5с);
- Время активного состояния флага обнаружения скачка по 0.5с (TimeOutActive);
- Адрес параметра согласно таблицам результатов измерения (ParameterAddress);
- Маска неисправностей (ParameterCheckErrors) согласно таблицам результатов измерения, битовая последовательность соответствует параметру CommonError;
- Чувствительность алгоритма скачка (ValueSense) – минимальное приращение значение параметра за цикл измерения (0,5с);
- Минимальный уровень скачка (CheckValueHist) – минимальный уровень изменения параметра относительно стартового значения детектирования «скачка» и значения параметра после стабилизации.

Алгоритм детектирования скачка имеет несколько состояний:

- Пауза после инициализации;
- Ожидание изменения параметра более чем на ValueSense для начала детектирования «скачка»;
- Ожидание стабилизации «скачка»;
- Обнаружен «скачок» параметра.

Сброс флагов и алгоритма детектирования скачка выполняется по:

- Сбросу устройства;
- Неисправности датчика;
- Команде с внешних интерфейсов управления;
- Нажатием кнопок на лицевой панели модуля.

По интерфейсам связи для считывания доступны два типа флагов обнаружения скачка:

- Флаги обнаружения скачка — активное состояние;
- Флаги обнаружения скачка — защелка;

### **Настраиваемые частотные зоны**

Для измерения и контроля сигналов в различных частотных границах, каждый физический канал измерения имеет четыре настраиваемые частотные зоны. Каждая из них может быть настроена на работу как с фиксированными так и с плавающими частотными границами. Частотные зоны с плавающими границами привязаны к оборотной составляющей настраиваемыми коэффициентами. Для каждой частотной зоны каждого канала модуль производит измерения основного параметра (СКЗ или размах сигнала переменного тока).

Для каждой частотной зоны имеются следующие параметры настройки (пример обозначения параметра приведен для частотной зоны - 0):

- Разрешить вычисление переменного сигнала для зоны (FZ0\_Enabled):  
0 - выключен;  
1 - включен;
- Режим определения базовой частоты зоны (FZ0\_UseDefaultFreq):  
0 - выключен;  
1 - включен;
- Коэфф. А для определения нижнего значения частоты зоны (FZ0\_MinFreqCoff\_A)
- Коэфф. В для определения нижнего значения частоты зоны (FZ0\_MinFreqCoff\_B)
- Коэфф. А для определения верхнего значения частоты зоны (FZ0\_MaxFreqCoff\_A)
- Коэфф. В для определения верхнего значения частоты зоны (FZ0\_MaxFreqCoff\_B)

В случае когда включен режим определения базовой частоты зоны, значение частоты вращения при отсутствии импульсов синхронизации принимается равной базовой (FreqDefaultHz).

Нижняя граница частотной зоны определяется по формуле:  $F_n = A_n + F_{обр} * B_n$ ,

Верхняя граница частотной зоны определяется по формуле:  $F_v = A_v + F_{обр} * B_v$ , где:

$A_n$  - коэфф. А для определения нижнего значения частоты зоны  
 $B_n$  - коэфф. В для определения нижнего значения частоты зоны  
 $A_v$  - коэфф. А для определения верхнего значения частоты зоны  
 $B_v$  - коэфф. В для определения верхнего значения частоты зоны  
 $F_{обр}$  - текущая частота вращения ротора, Гц.

В случаях когда вычисленное значение границы частотной зоны больше или меньше допустимой ее значение принимается равной допустимой.

Допустимые границы частотных зон:

$F_n$  (min) – 3 Гц при вычислении СКЗ сигнала переменного тока,

$F_n$  (min) – 3 Гц при вычислении размаха сигнала переменного тока,

$F_v$  (max) – 500 Гц при вычислении СКЗ сигнала переменного тока,

$F_v$  (max) – 1500 Гц при вычислении размаха сигнала переменного тока

Значение вычисляемого параметра по частотной зоне принимается равным нулю если  $F_n > F_v$ .

### **Унифицированные выходы**

В модуле МК32 предусмотрено 4 назначаемые унифицированных выхода. Все унифицированные выходы имеют индивидуальные и однотипные параметры настройки, а так же работают независимо друг от друга.

Уровень сигнала на унифицированном выходе пропорционален значению измеряемого параметра. Диапазон тока унифицированного выхода, соответствует диапазону измеряемого параметра, может быть выбран при настройке модуля. Каждая унифицированный выход может быть настроен на контроль за одним из параметров модуля МК32.

Установка тока на унифицированном выходе осуществляется с помощью 12-разрядно ЦАП и активного токового усилителя, рассчитанного на подключение заземленной нагрузки. В модуле МК22 предусмотрен защитный стабилитрон (напряжение пробоя 27В) и самовосстанавливающийся предохранитель 200мА для защиты цепей унифицированного выхода.

Для каждого унифицированного выхода имеются следующие параметры настройки:

- Разрешение работы унифицированного выхода (Enabled): 0 - выключен;  
1 - включен;
- Адрес параметра (ParameterAddress) согласно таблицам результатов измерения;
- Маска неисправностей (ParameterCheckErrors) согласно таблицам результатов измерения, битовая последовательность соответствует параметру CommonError;
- Устанавливать ток неисправности при обнаружении неисправности канала измерения (CurrentErrorEnabled): 0 - нет;  
1 - да;
- Ток неисправности канала измерения (CurrentError);
- Нижнее значение диапазона параметра (ParameterMin);
- Верхнее значение диапазона параметра (ParameterMax).

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 ( $\text{OutCurrentMin}, \text{OutCurrentMax}$ ), диапазона измеряемого параметра по постоянному току ( $\text{ConstValueMin}, \text{ConstValueMax}$ ), верхнего значения диапазона параметра по переменному току ( $\text{VariableValueMax}$ ), диапазона параметра выводимого на унифицированный выход ( $\text{ParameterMin}, \text{ParameterMax}$ ) и сохраненным значениям ЦАП ( $\text{OutDacMin}, \text{OutDacMax}$ ), соответствующим диапазону унифицированного выхода, на котором проведена калибровка (20% от  $\text{OutCurrentMax}, \text{OutCurrentMax}$ ).

При неисправности канала измерения значение тока унифицированного выхода может быть установлено в  $\text{CurrentError}$ , если разрешена установка на унифицированном выходе указанного тока при неисправности канала измерения ( $\text{CurrentErrorEnabled}$ ).

### **Логические выходы**

В модуле МК32 предусмотрено 14 логических выходов с открытым коллектором (активный уровень - ноль). Схемотехника логических выходов предусматривает возможность непосредственного подключения обмоток реле.

Работа каждого из 14 логических выходов настраивается пользователем по цифровым интерфейсам связи.

Если обнаружена ошибка контрольной суммы по одной из секций параметров работы модуля, на логическом выходе 12 будет присутствовать активный уровень сигнала, остальные логические выходы модуля МК32 останутся в неактивном состоянии.

После сброса модуля работа логических выходов заблокирована на время  $\text{InitModulTimeOut}$ , отсчитываемое после завершения цикла инициализации модуля МК32.

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

Каждый логический выход настраивается в аналитическом виде с помощью логических правил. Так же в аналитическом виде настраивается работа светодиодов 'War' и 'Alarm' на лицевой панели модуля.

В логических операциях используются булевы функции над флагами состояния модуля.

Структура команды логических правил приведена в Таблице 23.

Для настройки и редактирования логических правил в программе `ModuleConfigurator.exe` предусмотрено специальное средство, позволяющее в удобном и упрощенном виде формировать логические правила, исключая необходимость непосредственного ввода кодов команд.

### Система обозначений используемая в программе настройки (ModuleConfigurator.exe) для формирования логических правил в аналитическом виде:

Mg.Nbit - Глобальная память (16 бит) общая для всех логических выходов. Доступна в течении одного цикла вычислений состояний логических выходов. Очищается перед выполнением нового цикла;

Rch{Nch}.Nbit - Регистр статуса канала измерения;

Rchf{Nchf}.Nbit - Регистр статуса канала измерения частоты;

Rvr.Nbit - Регистр статуса измерения оборотных составляющих;

Rdv.Nbit - Регистр статуса модуля контроля;

Reg.Nbit - Регистр статуса ошибок;

Rjl.Nbit - Регистр состояния алгоритма скачка (защелки);

Rja.Nbit - Регистр состояния алгоритма скачка (активное состояние);

Rtp.Nbit - Регистр состояния алгоритма контроля уставок,

где

Nbit - номер бита в соответствующем регистре (0...15),

{Nch} - номер канала измерения (1...4),

{Nchf} - номер канала измерения частоты (1, 2).

Логические операции используемые в программе для формирования логических правил:

"Rx.x -> Mg.Nbit" - запись результатов вычислений логических правил в глобальную память.

"|" - логическая операция «ИЛИ»;

"^" - логическая операция «исключающее ИЛИ»;

"&" - логическая операция «И»;

"!" - логическая операция «НЕ»;

"()" - допустимы скобки для определения порядка выполнения вычислений, где Rx.x — бит в соответствующем регистре статуса (приведенном выше).

Приоритеты выполнения логических операций (сверху в низ по порядку):

1) "!"

2) "&"

3) "|" и "^" равнозначны

4) "->"

#### Пример записи логического правила для светодиода "Alarm" в аналитическом виде:

Логическое правило: Rtp.2 | Rtp.10 | Rtp.18 | Rjl.0 | Rjl.2 | Rjl.4 , где:

Rtp.2 — флаг превышения 3-й уставки (уставка настроена на 1-й канал, общий уровень 11,2 мм/с)

Rtp.10 — флаг превышения 11-й уставки (уставка настроена на 2-й канал, общий уровень 11,2 мм/с)

Rtp.18 — флаг превышения 19-й уставки (уставка настроена на 3-й канал, общий уровень 11,2 мм/с)

Rjl.0 — флаг состояния алгоритма скачка 1, защелка (скачек настроен на 1-й канал, общий уровень)

Rjl.2 — флаг состояния алгоритма скачка 3, защелка (скачек настроен на 2-й канал, общий уровень)

Rjl.4 — флаг состояния алгоритма скачка 5, защелка (скачек настроен на 3-й канал, общий уровень)

Таким образом светодиод "Alarm" будет светиться в случае превышения общего уровня, либо срабатывания алгоритма скачка по любому из 3-х каналов.

**Примечание.** Для изменения параметров работы модуля необходимо заблокировать работу логических выходов или получить разрешение на одиночную запись в параметры работы.

### Рекомендации по калибровке модуля

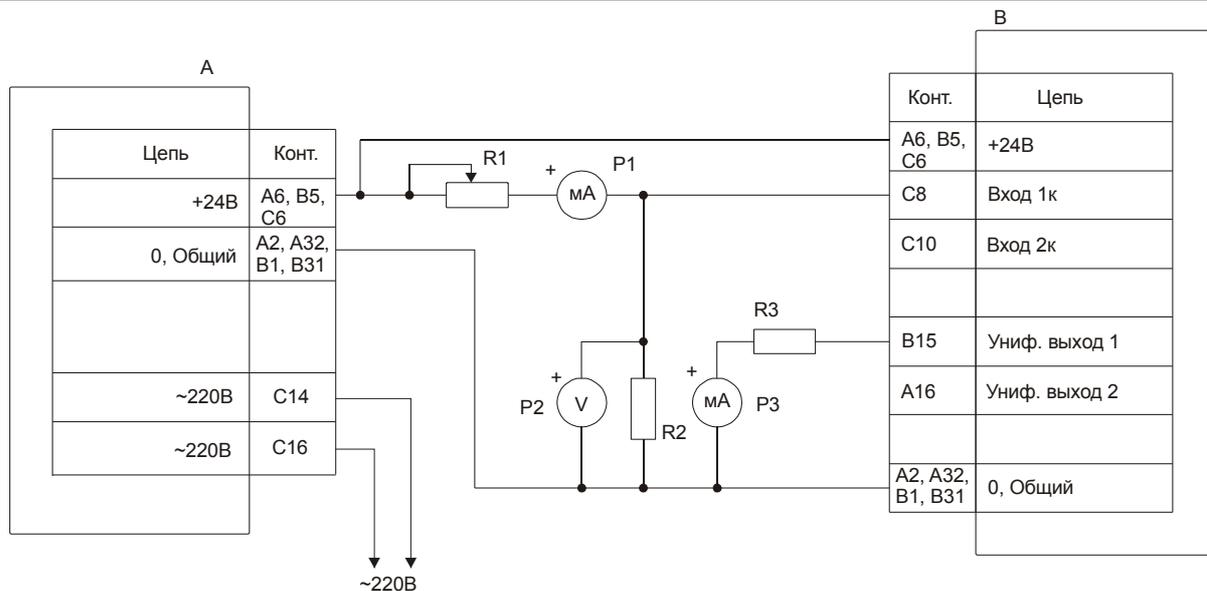
Технология калибровки модуля МК32 позволяет проводить повторную калибровку без выполнения холодного старта модуля, а изменение диапазона канала измерения – без перекалибровки каналов измерения и унифицированных выходов. Если выполняется изменение диапазона тока канала измерения или унифицированного выхода, то необходимо выполнить перекалибровку.

После калибровки модуля необходимо загрузить калибровочные данные в модуль, сохранить в энергонезависимой памяти модуля и перезагрузить модуль.

#### Калибровка по постоянному току

Схема включения модуля МК32 для калибровки и поверки по постоянному току показана на рисунке 10. Рекомендуется калибровку модуля МК32 проводить с помощью стенда СП43, позволяющего собрать указанную схему.

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



**A** – МП24 или БП17

**B** – МК32

**R1** – магазин сопротивлений 100кОм

**R2, R3** – резисторы 500±10 Ом 0.5Вт    **P1, P3** – 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 10. Схема включения модуля МК32 для калибровки и проверки по постоянному току

Последовательность калибровки входа канала измерения по постоянному току:

1. Указать значения диапазона тока канала измерения (ConstCurrentMin, ConstCurrentMax);
2. Указать диапазон измеряемого параметра (ConstValueMin, ConstValueMax);
3. Установить на входе канала измерения ток 20% от ConstCurrentMax;
4. Переписать значение Constant в ConstAdcMin;
5. Установить на входе канала измерения ток ConstCurrentMax;
6. Переписать значение Constant в ConstAdcMax;
7. Передать результаты калибровки в модуль МК22;
8. Выполнить перерасчет коэффициентов.

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

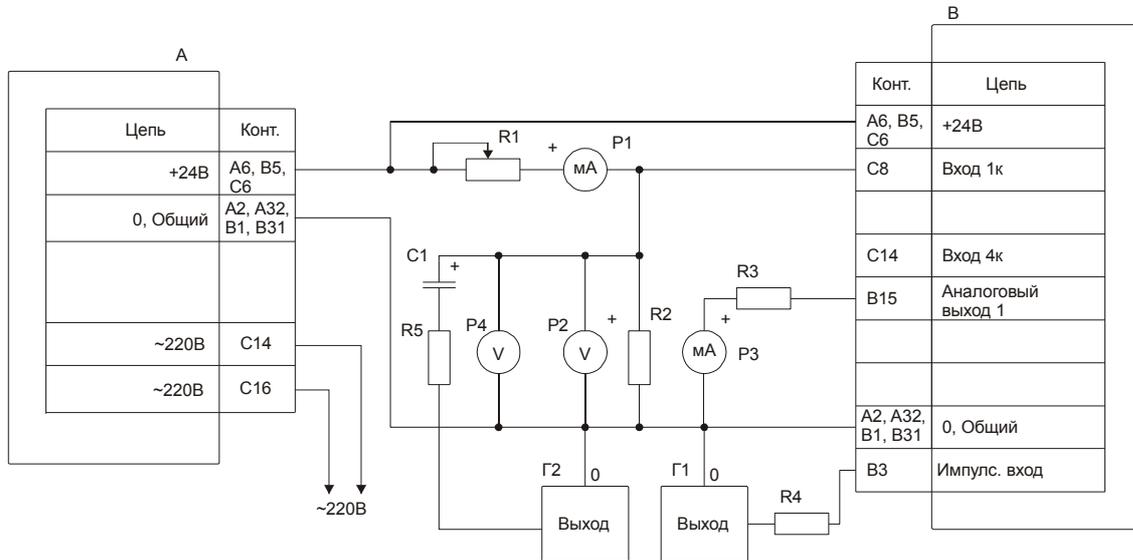
В специализированной программе настройки модуля МК22 предусмотрен мастер калибровки входа канала измерения, существенно упрощающий процесс калибровки.

**Калибровка по переменному току**

Схема включения модуля МК32 для калибровки и поверки по переменному току показана на рисунке 11.

Рекомендуется калибровку модуля МК32 проводить с помощью стенда СП43, позволяющего собрать указанную схему.

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



**A** – МП24 или БП17

**B** – МК32 **R1** – магазин сопротивлений 100кОм

**R2, R3, R4, R5** – резисторы 500±10 Ом  
0.5Вт

**P1, P3** – миллиамперметр постоянного тока 0–20мА, кл. 0.2

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

**P4** – вольтметр переменного тока  $R_{вх} \geq 1.0\text{МОм}$ , кл. 0.6

**G1** – генератор прямоугольных импульсов Г6-33

**G2** – генератор низкой частоты Г3-110

**C1** – конденсатор 1000мкФ, 16В (при измерениях на частоте 0.05Гц не менее 50000мкФ)

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

Рисунок 11. Схема включения модуля МК32 для калибровки и проверки по переменному току

Последовательность калибровки входа канала измерения по переменному току:

1. Перед калибровкой входа канала измерения по переменному току необходимо произвести калибровку входа канала измерения по постоянному току как описано выше.
2. Установить резистором R1 по миллиамперметру P1 постоянный ток  $3 \pm 0,2(12 \pm 0,8)$  мА, для канала переменного тока или по вольтметру P2 постоянное напряжение  $1,7 \pm 0,1$  В для канала переменного напряжения.
3. Установить на выходе генератора G1 базовую частоту 80Гц и амплитуду прямоугольных импульсов +5В.
4. Указать верхнее значение диапазона параметра по переменному току (VariableValueMax);
5. Установить СКЗ гармонического сигнала величиной соответствующий 20% VariableValueMax
6. Переписать значение VariableRms в RmsAdcMin, и VariableRpm1F в Rms1FAdcMin при калибровке по СКЗ сигнала.  
Переписать значение VariableVpp в VppAdcMin, и VariableRpm1F в Vpp1FAdcMin при калибровке по размаху сигнала.
7. Установить СКЗ гармонического сигнала величиной соответствующий VariableValueMax
8. Переписать значение VariableRms в RmsAdcMax, и VariableRpm1F в Rms1FAdcMax при калибровке по СКЗ сигнала.  
Переписать значение VariableVpp в VppAdcMax, и VariableRpm1F в Vpp1FAdcMax при калибровке по размаху сигнала.
9. Передать результаты калибровки в модуль МК32;
10. Выполнить перерасчет коэффициентов.

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

В специализированной программе настройки модуля МК32 предусмотрен мастер калибровки входа канала измерения, существенно упрощающий процесс калибровки.

### **Калибровка унифицированного выхода**

Диапазон унифицированного выхода по измеряемому параметру соответствует диапазону `OutCurrentMin, OutCurrentMax`. Калибровка унифицированного выхода состоит из следующих этапов:

1. Указать значения диапазон тока унифицированного выхода (`OutCurrentMin, OutCurrentMax`);
2. Записью значения в `AnalogDirectData` подобрать ток (по миллиамперметру) на унифицированном выходе, равный 20% от `OutCurrentMax`;
3. Переписать значение `AnalogDirectData` в `OutDacMin`;
4. Записью значения в `AnalogDirectData` подобрать ток (по миллиамперметру) на унифицированном выходе, равный `OutCurrentMax`;
5. Переписать значение `AnalogDirectData` в `OutDacMin`;
6. Записать нуль в `AnalogDirectData` (выключить режим калибровки);
7. Передать результаты калибровки в модуль МК32;
8. Выполнить перерасчет коэффициентов.

**Примечание.** Запись результатов калибровки в модуль МК32 и выполнение перерасчета коэффициентов может быть выполнена один раз, после всех этапов калибровки (вход, унифицированных выход).

## Цифровые интерфейсы управления

Модуль МК32 поддерживает три независимых интерфейса управления:

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

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

**Примечание.** Источник питания, микросхемы драйверов RS485 и CAN2.0B интерфейсов, диагностический интерфейс **не имеют гальванической развязки**. Модуль МК32 с гальванической развязкой интерфейсов связи и питания изготавливается по дополнительному согласованию.

### Интерфейс RS485

Для работы по интерфейсу RS485 на плате МК32 предусмотрена микросхема 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 5. 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	256 <sup>(1)</sup>
Входное сопротивление драйвера, кОм, не менее	12 <sup>(1)</sup>
Электростатическая стойкость, кВ, не менее	±16 <sup>(1)</sup>
Гальваническая развязка	нет <sup>(1)</sup>

Примечание 1. При условии применения драйвера SN65HVD11.

### Настройка параметров работы модуля по протоколу ModBus

Настройка модуля осуществляется записью значений в соответствующие регистры конфигурации при условии разрешения записи. При запрещении 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 6. 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**

Таблица 7. Реализованные команды протокола ModBus в модуле МК32

Код	Название, описание	Запрос	Ответ	Примечание
0x03	Read Holding Registers 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	Preset Single Registers 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	Preset Multiple Regs 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 CRC мл. байт CRC ст. байт	Применяется для записи параметров работы в модуль
0x11	Report Slave ID 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	
0x0B	Diagnostics 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 8

Таблица 8. 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 по протоколу ModBus**

Адресация регистров параметров работы и состояния модуля выравнивается по 16-разрядным словам. Параметр «Количество регистров» в командах ModBus указывается в байтах.

При записи/чтении параметров работы и состояния модуля данные передаются по правилам языка C расположения данных в памяти (младший байт, затем - старший байт), а не по требованию стандарта ModBus.

Если при чтении/записи запрошено нечетное количество байт, то будет сформирован ответ с соответствующей ошибкой.

Максимальный объем записываемых/читаемых байт за одну транзакцию 512 байт.

Модуль МК32 поддерживает широковещательный адрес 0x00 для одновременного управления несколькими модулями. Ответ на широковещательный запрос не передается.

**Примечание.** На плате модуля МК32 предусмотрен терминатор шины RS485. 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.

**Интерфейс CAN2.0B**

Интерфейс CAN2.0B предоставляет возможность передачи данных о состоянии модуля МК32 на блоки индикации и модуль сбора статистики. Модуль МК32 поддерживает управление модулем по интерфейсу CAN2.0B.

Таблица 9. Параметры интерфейса CAN2.0B

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 для блоков индикации	0x32 (50)
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	120 <sup>(1)</sup>
Входное сопротивление драйвера, кОм, не менее	5 <sup>(1)</sup>
Электростатическая стойкость, кВ, не менее	±16 <sup>(1)</sup>
Гальваническая развязка	нет <sup>(1)</sup>

Примечание 1. При условии применения драйвера SN65HVD235.

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 МК32 предусмотрен терминатор шины CAN2.0B. Если модуль включается последним на шине CAN2.0B, а на шине отсутствует штатный терминатор 120 Ом, то для нормальной работы интерфейса CAN2.0B перемычка на плате модуля, включающая терминатор шины, должна быть установлена.

**Стандартный режим работы**

Для работы CAN2.0B интерфейса в стандартном режиме необходимо настроить следующие параметры:

- Разрешение работы интерфейса CAN2.0B (`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:

Таблица 10. Параметры ведомого интерфейса CAN2.0B

Наименование данных	Коды сообщений по каналам измерения			
	Канал 1	Канал 2	Канал 3	Канал 4
Значение основного измеряемого параметра	0x30	0x40	0x50	0x60

В каждом сообщении передаются значение битов состояния модуля, а также биты состояния соответствующего 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 Изменения не вносятся

в течение 200мс, то его отправка отменяется.

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

Номер байта в сообщении							
0	1	2	3	4	5	6	7
Код сообщения	Состояние модуля	Значение параметра (float 3 байта)				Состояние канала измерения	
	DeviceStatus <7:0>					Status<15:0>	

Рисунок 12. Формат сообщения CAN

### **Ведомый интерфейс SPI**

Ведомый интерфейс SPI предназначен для контроля работы модуля и настройки параметров его работы. Разъем интерфейса SPI расположен на лицевой панели модуля (диагностический разъем). Параметры ведомого интерфейса SPI жестко predeterminedены, поэтому вне зависимости от текущего состояния модуля МК32 интерфейс SPI всегда доступен для управления модулем.

Настройка модуль МК32 может производиться с помощью прибора наладчика ПН31, либо с помощью персонального компьютера. Для настройки с помощью персонального компьютера, должна быть запущено специализированное программное обеспечение, а блок подключен к персональному компьютеру через плату диагностического интерфейса MC01 USB (интерфейс ПК USB).

**Примечание.** При настройке блока с помощью MC01 USB на персональном компьютере должны быть установлены драйвера виртуального COM порта.

Таблица 11. Параметры ведомого интерфейса SPI

Наименование параметра	Значение
Адрес МК32 на интерфейсе SPI	0x32
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 ± 0.2
Допустимый ток потребления по цепи питания на диагностическом разъеме, мА, не более	50
Гальваническая развязка	нет

**Примечание.** Модуль МК32 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 12. Список калибровочных регистров каналов измерения

Название	Обозначение	Тип (байт)	Адрес (Hex)				Знач. по умолчанию	Прим.
			Канал 1	Канал 2	Канал 3	Канал 4		
Нижнее значение диапазона тока датчика	ConstCurrentMin	Float (4)	0x0400	0x0500	0x0600	0x0700	0	
Верхнее значение диапазона тока датчика	ConstCurrentMax	Float (4)	0x0404	0x0504	0x0604	0x0704	0	
Верхнее значение диапазона измерения СКЗ тока датчика (информационный регистр)	RmsCurrentMax	Float (4)	0x0408	0x0508	0x0608	0x0708	0	
Верхнее значение диапазона измерения размаха тока датчика (информационный регистр)	VppCurrentMax	Float (4)	0x040C	0x050C	0x060C	0x070C	0	
Коррекция фазового сдвига, гр/Гц	PhaseCorrect	Float (4)	0x0410	0x0510	0x0610	0x0710	0,2375	
Минимальный допустимый уровень энергии спектральной составляющей (служебный параметр)	RmsMinPower	Ulong (4)	0x0414	0x0514	0x0614	0x0714	400	
Резерв, всегда равен нулю	Reserv	Uchar (8)	0x0418	0x0518	0x0618	0x0718	0	
Нижнее калибровочное значение АЦП по постоянному току	ConstAdcMin	Ulong (4)	0x0420	0x0520	0x0620	0x0720	0	1
Верхнее калибровочное значение АЦП по постоянному току	ConstAdcMax	Ulong (4)	0x0424	0x0524	0x0624	0x0724	0	1
Резерв, всегда равен нулю	Reserv	Uchar (8)	0x0428	0x0528	0x0628	0x0728	0	
Нижнее калибровочное значение АЦП СКЗ сигнала	RmsAdcMin	Ulong (4)	0x0430	0x0530	0x0630	0x0730	0	1
Верхнее калибровочное значение АЦП СКЗ сигнала	RmsAdcMax	Ulong (4)	0x0434	0x0534	0x0634	0x0734	0	1
Нижнее калибровочное значение АЦП СКЗ сигнала 1-й оборотной	Rms1FAdcMin	Ulong (4)	0x0438	0x0538	0x0638	0x0738	0	1
Верхнее калибровочное значение АЦП СКЗ сигнала 1-й оборотной	Rms1FAdcMax	Ulong (4)	0x043C	0x053C	0x063C	0x073C	0	1
Нижнее калибровочное значение АЦП размаха сигнала	VppAdcMin	Ulong (4)	0x0440	0x0540	0x0640	0x0740	0	1
Верхнее калибровочное значение АЦП размаха сигнала	VppAdcMax	Ulong (4)	0x0444	0x0544	0x0644	0x0744	0	1

## Продолжение таблицы 12

Название	Обозначение	Тип (байт)	Адрес (Hex)				Знач. по умолчанию	Прим.
			Канал 1	Канал 2	Канал 3	Канал 4		
Нижнее калибровочное значение АЦП размаха сигнала 1-й оборотной	Vpp1FAdcMin	Ulong (4)	0x0448	0x0548	0x0648	0x0748	0	1
Верхнее калибровочное значение АЦП размаха сигнала 1-й оборотной	Vpp1FAdcMax	Ulong (4)	0x044C	0x054C	0x064C	0x074C	0	1
Нижнее значение диапазона тока унифицированного выхода	OutCurrentMin	Float (4)	0x0450	0x0450	0x0450	0x0450	0	
Верхнее значение диапазона тока унифицированного выхода	OutCurrentMax	Float (4)	0x0454	0x0454	0x0454	0x0454	0	
Нижнее калибровочное значение ЦАП унифицированного выхода	OutDacMin	UInt (2)	0x0458	0x0458	0x0458	0x0458	0	1
Верхнее калибровочное значение ЦАП унифицированного выхода	OutDacMax	UInt (2)	0x045A	0x045A	0x045A	0x045A	0	1
Резерв, всегда равен нулю	Reserv	Ulong (4)	0x045C	0x045C	0x045C	0x045C	0	

## Примечания:

1. Калибровочная информация отсутствует, все измеряемые параметры будут иметь значение нуль.
2. Значение по умолчанию – значение присваиваемое параметру после «Холодного старта».

Таблица 13. Список основных регистров каналов измерения

Название	Обозначение	Тип (байт)	Адрес (Hex)				Знач. по умолчанию	Прим.
			Канал 1	Канал 2	Канал 3	Канал 4		
Разрешение работы канала измерения (0 - канал выключен)	Enabled	Uint (2)	0x0800	0x0900	0x0A00	0x0B00	0	
Режим работы канала 0 - измерение постоянного сигнала 1 - измерение частоты вращения ротора 2 - измерение СКЗ сигнала 3 - измерение размаха сигнала	ModeWork	Uint (2)	0x0802	0x0902	0x0A02	0x0B02	0	
Контролировать нижний предел тока датчика (0 - выключено)	CurrentLowCheck	Uint (2)	0x0804	0x0904	0x0A04	0x0B04		
Контролировать верхний предел тока датчика (0 - выключено)	CurrentHighCheck	Uint (2)	0x0806	0x0906	0x0A06	0x0B06		
Нижнее допустимое значение тока датчика	CurrentLow	Float (4)	0x0808	0x0908	0x0A08	0x0B08		
Верхнее допустимое значение тока датчика	CurrentHigh	Float (4)	0x080C	0x090C	0x0A0C	0x0B0C		
Гистерезис тока датчика	CurrentCheckHist	Float (4)	0x0810	0x0910	0x0A10	0x0B10		
Вычислять постоянную составляющую (0 - не вычислять)	ConstValueCalculation	Uint (2)	0x0814	0x0914	0x0A14	0x0B14		
Выполнять интегрирование оборотных составляющих 0 - не вычислять 1 - вычислять (только для режимов 2, 3) 2 - вычислять с компенсацией неровности поверхности ротора (только для режима 3)	RpmValue	Uint (2)	0x0816	0x0916	0x0A16	0x0B16		
Нижнее значение диапазона параметра по постоянному току	ConstValueMin	Float (4)	0x0818	0x0918	0x0A18	0x0B18		
Верхнее значение диапазона параметра по постоянному току	ConstValueMax	Float (4)	0x081C	0x091C	0x0A1C	0x0B1C		
Верхнее значение диапазона параметра по переменному току	VariableValueMax	Float (4)	0x0820	0x0920	0x0A20	0x0B20		
Частота вращения ротора по умолчанию (используется при отсутствии импульсов синхронизации), Гц	FreqDefaultHz	Float (4)	0x0824	0x0924	0x0A24	0x0B24		
Минимальное допустимое значение параметра при вычислении фазы оборотных составляющих	MinValueForCalcRpm	Float (4)	0x0808	0x0908	0x0A08	0x0B08		
Постоянное смещение фазы для 1-й оборотной составляющей, гр (от 0 до 360)	PhaseCorrectionFor1F	Float (4)	0x082C	0x092C	0x0A2C	0x0B2C		

Продолжение таблицы 13

Название	Обозначение	Тип (байт)	Адрес (Hex)				Знач. по умолчанию	Прим.
			Канал 1	Канал 2	Канал 3	Канал 4		
Разрешить вычисление переменного сигнала для зоны 0	FZ0_Enabled	Uint (2)	0x0830	0x0930	0x0A30	0x0B30		
Режим определения базовой частоты зоны 0	FZ0_UseDefaultFreq	Uint (2)	0x0832	0x0932	0x0A32	0x0B32		
Коэфф. А для определения нижнего значения частоты зоны 0	FZ0_MinFreqCoff_A	Float (4)	0x0834	0x0934	0x0A34	0x0B34		
Коэфф. В для определения нижнего значения частоты зоны 0	FZ0_MinFreqCoff_B	Float (4)	0x0838	0x0938	0x0A38	0x0B38		
Коэфф. А для определения верхнего значения частоты зоны 0	FZ0_MaxFreqCoff_A	Float (4)	0x083C	0x093C	0x0A3C	0x0B3C		
Коэфф. В для определения верхнего значения частоты зоны 0	FZ0_MaxFreqCoff_B	Float (4)	0x0840	0x0940	0x0A40	0x0B40		
Разрешить вычисление переменного сигнала для зоны 1	FZ1_Enabled	Uint (2)	0x0844	0x0944	0x0A44	0x0B44		
Режим определения базовой частоты зоны 1	FZ1_UseDefaultFreq	Uint (2)	0x0846	0x0946	0x0A46	0x0B46		
Коэфф. А для определения нижнего значения частоты зоны 1	FZ1_MinFreqCoff_A	Float (4)	0x0848	0x0948	0x0A48	0x0B48		
Коэфф. В для определения нижнего значения частоты зоны 1	FZ1_MinFreqCoff_B	Float (4)	0x084C	0x094C	0x0A4C	0x0B4C		
Коэфф. А для определения верхнего значения частоты зоны 1	FZ1_MaxFreqCoff_A	Float (4)	0x0850	0x0950	0x0A50	0x0B50		
Коэфф. В для определения верхнего значения частоты зоны 1	FZ1_MaxFreqCoff_B	Float (4)	0x0854	0x0954	0x0A54	0x0B54		
Разрешить вычисление переменного сигнала для зоны 2	FZ2_Enabled	Uint (2)	0x0858	0x0958	0x0A58	0x0B58		
Режим определения базовой частоты зоны 2	FZ2_UseDefaultFreq	Uint (2)	0x085A	0x095A	0x0A5A	0x0B5A		
Коэфф. А для определения нижнего значения частоты зоны 2	FZ2_MinFreqCoff_A	Float (4)	0x085C	0x095C	0x0A5C	0x0B5C		
Коэфф. В для определения нижнего значения частоты зоны 2	FZ2_MinFreqCoff_B	Float (4)	0x0860	0x0960	0x0A60	0x0B60		
Коэфф. А для определения верхнего значения частоты зоны 2	FZ2_MaxFreqCoff_A	Float (4)	0x0864	0x0964	0x0A64	0x0B64		
Коэфф. В для определения верхнего значения частоты зоны 2	FZ2_MaxFreqCoff_B	Float (4)	0x0868	0x0968	0x0A68	0x0B68		
Разрешить вычисление переменного сигнала для зоны 2	FZ3_Enabled	Uint (2)	0x086C	0x096C	0x0A6C	0x0B6C		
Режим определения базовой частоты зоны 3	FZ3_UseDefaultFreq	Uint (2)	0x086E	0x096E	0x0A6E	0x0B6E		
Коэфф. А для определения нижнего значения частоты зоны 3	FZ3_MinFreqCoff_A	Float (4)	0x0870	0x0970	0x0A70	0x0B70		
Коэфф. В для определения нижнего значения частоты зоны 3	FZ3_MinFreqCoff_B	Float (4)	0x0874	0x0974	0x0A74	0x0B74		
Коэфф. А для определения верхнего значения частоты зоны 3	FZ3_MaxFreqCoff_A	Float (4)	0x0878	0x0978	0x0A78	0x0B78		
Коэфф. В для определения верхнего значения частоты зоны 3	FZ3_MaxFreqCoff_B	Float (4)	0x087C	0x097C	0x0A7C	0x0B7C		

Продолжение таблицы 13

Название	Обозначение	Тип (байт)	Адрес (Hex)				Знач. по умолчанию	Прим.
			Канал 1	Канал 2	Канал 3	Канал 4		
Нижнее допустимое значение частоты для вычисления оборотных составляющих, об/мин	VariableFreqLow	Float (4)	0x0880	0x0980	0x0A80	0x0B80		
Верхнее допустимое значение частоты для вычисления оборотных составляющих, об/мин	VariableFreqHigh	Float (4)	0x0884	0x0984	0x0A84	0x0B84		
Описание канала	Description	Uchar (16)	0x0888	0x0988	0x0A88	0x0B88		
Единицы измерения	Units	Uchar (8)	0x0898	0x0998	0x0A98	0x0B98		
Резерв, всегда равен нулю	Reserv	Uchar (8)	0x08A0	0x09A0	0x0AA0	0x0BA0		

Примечания:

1. Значение не нуль - выполнять вычисление для данной частотной области.

Таблица 14. Список регистров настройки виртуальных каналов измерения

Название	Обозначение	Тип (байт)	Адрес (Hex)				Знач. по умолчанию	Прим.
			Канал 1	Канал 2	Канал 3	Канал 4		
Разрешение работы канала измерения (0 - канал выключен)	Enabled	Uint (2)	0x3500	0x3520	0x3540	0x3560	0	
Режим работы 0 - интегрирование аргумента 1 (аргумент 1 - СКЗ сигнала) 1 - сложение аргумента 1 и аргумента 2	ModeWork	Uint (2)	0x3502	0x3522	0x3542	0x3562	0	
Аргумент 1 биты 7:0 - номер канала измерения бит 8 - вид канала измерения (0 - реальный; 1 - виртуальный) биты 15:9 - резерв, должен равняться нулю	Argument1	Uint (2)	0x3504	0x3524	0x3544	0x3564	0	
Аргумент 2 (назначение битов аналогично аргументу 1)	Argument2	Uint (2)	0x3506	0x3526	0x3546	0x3566	0	
Маска неисправностей	MaskErrors	Uint (2)	0x3508	0x3528	0x3548	0x3568	0	
Применять масштабирующий коэффициент (0 - не применять)	UseScaleFactor	Uint (2)	0x350A	0x352A	0x354A	0x356A	0	
Масштабирующий коэффициент	ScaleFactor	Float (4)	0x350C	0x352C	0x354C	0x356C	0	
Верхнее значение диапазона параметра по переменному току	ValueMax	Float (4)	0x3510	0x3530	0x3550	0x3570	0	
Единицы измерения	Units	Uchar (8)	0x3514	0x3534	0x3554	0x3574	0	
Резерв, всегда равен нулю	Reserv	Uchar (4)	0x351C	0x353C	0x355C	0x357C	0	

Таблица 15. Список регистров каналов измерения частоты

Название	Обозначение	Тип (байт)	Адрес (Hex)				Знач. по умолчанию	Прим.
			Канал 1	Канал 2				
Разрешение измерения частоты (0 - выключено)	Enabled	Uint (2)	0x0D00	0x0D20			0	
Число импульсов на оборот ротора (от 1 до 300)	Tooth	Uint (2)	0x0D02	0x0D22			0	
Активный фронт входных импульсов 0 - передний 1 - задний	ActiveFront	Uint (2)	0x0D04	0x0D24			0	
Повторять импульсы синхронизации (активно только когда число импульсов на оборот равно 1) 0 - не повторять 1 - активный фронт передний 2 - активный фронт задний	GeneratePulses	Uint (2)	0x0D06	0x0D26			0	
Минимальная измеряемая частота, об/мин	MinFrequencyRPM	Float (4)	0x0D08	0x0D28			0	
Резерв, всегда должен равняться нулю	Reserv	Uchar (4)	0x0D0C	0x0D2C			0	
Разрешение контроля стабилизации частоты (0 - выключено)	SatbleControl	Uint (2)	0x0D10	0x0D30			0	
Время стабилизации частоты (по 0.5 сек)	StableTimeOut	Uint (2)	0x0D12	0x0D32			0	
Максимальное отклонение частоты для алгоритма стабилизации, об/мин	StableFrequencyDelta	Float (4)	0x0D14	0x0D34			0	
Резерв, всегда должен равняться нулю	Reserv	Uchar (8)	0x0D18	0x0D38			0	

Таблица 16. Список регистров настройки унифицированных выходов

Название	Обозначение	Тип (байт)	Адрес (Hex)				Знач. по умолчанию	Прим.
			Канал 1	Канал 2	Канал 3	Канал 4		
Разрешение работы унифицированного выхода (0 - выключено)	Enabled	Uint (2)	0x0F00	0x0F20	0x0F40	0x0F60	0	
Адрес параметра (согласно таблицам результатов измерения)	ParameterAddress	Uint (2)	0x0F02	0x0F22	0x0F42	0x0F62	0	
Маска неисправностей	ParameterCheckErrors	Uint (2)	0x0F04	0x0F24	0x0F44	0x0F64	0	
Устанавливать ток неисправности при обнаружении неисправности канала измерения (0 - не устанавливать)	CurrentErrorEnabled	Uint (2)	0x0F06	0x0F26	0x0F46	0x0F66	0	
Ток неисправности канала измерения	CurrentError	Float (4)	0x0F08	0x0F28	0x0F48	0x0F68	0	
Нижнее значение диапазона параметра	ParameterMin	Float (4)	0x0F0C	0x0F2C	0x0F4C	0x0F6C	0	
Верхнее значение диапазона параметра	ParameterMax	Float (4)	0x0F10	0x0F30	0x0F50	0x0F70	0	
Резерв, всегда должен равняться нулю	Reserv	Uchar (12)	0x0F14	0x0F34	0x0F54	0x0F74	0	

Таблица 17. Список регистров управления унифицированным выходом

Название	Обозначение	Тип (байт)	Адрес (Hex)				Знач. по умолчанию	Прим.
			Канал 1	Канал 2	Канал 3	Канал 4		
Значение ЦАП для прямого управления унифицированным выходом канала измерения	AnalogDirectData	Uint (2)	0x0E00	0x0E02	0x0E04	0x0E06	0	

Примечания:

1. Используются при калибровки унифицированных выходов. Диапазон ЦАП от 0 до 4096.
2. В нормальной работе каналов измерения не участвуют.
3. Автоматически сбрасываются в 0, если значение регистра не изменялось в течении 30 секунд.
4. Доступны для записи в любом режиме работы модуля.

Таблица 18. Список системных регистров

Название	Обозначение	Тип (байт)	Адрес (Hex)	Знач. по умолчанию	Прим.
Время блокировки логических выходов после сброса модуля	InitModulTimeOut	Uint (2)	0x0C00	15	1, 3
Тайм-аут теста уставок после нормализации работы датчика	InitChannelTimeOut	Uint (2)	0x0C02	15	2, 3
Режим синхронизации каналов измерения для вычисления оборотных составляющих 0 - нет синхронизации 1 - только по 1-му каналу 2 - только по 2-му каналу 3 - 1-й канал основной, 2-й - резервный	SynchronizationMode	Uint (2)	0x0C04	0	
Резерв, всегда должен равняться нулю	Reserv	Uint (2)	0x0C06	0	
Нижнее значение диапазона частоты проведения исследования формы контрольной поверхности, об/мин	FrequencyStudyMin	Float (4)	0x0C08	0	4
Верхнее значение диапазона частоты проведения исследования формы контрольной поверхности, об/мин	FrequencyStudyMax	Float (4)	0x0C0C	0	4

Примечания:

1. В случае ошибки считывания данных из энергонезависимой памяти всегда равен 15 (8 секунд).
2. При значении равном 0 функция выключена.
3. Время по 0.5 с (0 = 0.5 с).
4. Если нижнее значение больше или равно верхнему, исследование формы контрольной поверхности для вычисления оборотных составляющих не проводится.
5. Значение по умолчанию – значение присваиваемое параметру после «Холодного старта».

Таблица 19. Список регистров настройки совместимости с модулями МК20, МК30

Название	Обозначение	Тип (байт)	Адрес (Hex)	Знач. по умолчанию	Прим.
Разрешение режима совместимости (0 - выключено)	Enabled	Uint (2)	0x3400	0	
Основной формат отображения данных 0 - #.### (от 0 до 9.999) 1 - ##.## (от -9.99 до 99.99) 2 - ###.# (от -99.9 до 999.9) 3 - #### (от -999 до 9999)	FormatOut	Uint (2)	0x3402	0	
Ассоциируемый канал измерения с позицией вывода на ЖКИ 1 биты 7:0 - номер канала измерения бит 8 - тип канала (0 - физический, 1 - виртуальный)	ChannelOut_1	Uint (2)	0x3404	0	
Ассоциируемый канал измерения с позицией вывода на ЖКИ 2 (аналогично ChannelOut_1)	ChannelOut_2	Uint (2)	0x3406	0	
Ассоциируемый канал измерения с позицией вывода на ЖКИ 3 (аналогично ChannelOut_1)	ChannelOut_3	Uint (2)	0x3408	0	
Ассоциируемый канал измерения с позицией вывода на ЖКИ 4 (аналогично ChannelOut_1)	ChannelOut_4	Uint (2)	0x340A	0	

Таблица 20. Список регистров настройки уставок

Название	Обозначение	Тип (байт)	Адрес (Hex)	Знач. по умолчанию	Прим.
Уставка 0 (начальный адрес блока)			0x1800		
Режим работы уставки 0 - выключена 1 - контроль «вверх» 2 - контроль «вниз»	CheckMode	Uint (2)	<b>0x1800</b>	0	
Адрес параметра (согласно таблицам результатов измерения)	ParameterAddress	Uint (2)	<b>0x1802</b>	0	
Маска неисправностей	ParameterCheckErrors	Uint (2)	<b>0x1804</b>	0	
Время детектирования перехода через уставку по 0.5с	TimeOut	Uint (2)	<b>0x1806</b>	0	
Значение уставки	CheckValue	Float (4)	<b>0x1808</b>	0	
Гистерезис по уставке	CheckValueHist	Float (4)	<b>0x180C</b>	0	
Уставка 1			0x1810		
Уставка 2			0x1820		
Уставка 3			0x1830		
Уставка 4			0x1840		
Уставка 5			0x1850		
Уставка 6			0x1860		
Уставка 7			0x1870		
Уставка 8			0x1880		
Уставка 9			0x1890		
Уставка 10			0x18A0		
Уставка 11			0x18B0		
Уставка 12			0x18C0		
Уставка 13			0x18D0		
Уставка 14			0x18E0		
Уставка 15			0x18F0		
Уставка 16			0x1900		
Уставка 17			0x1910		
Уставка 18			0x1920		
Уставка 19			0x1930		
Уставка 20			0x1940		
Уставка 21			0x1950		
Уставка 22			0x1960		
Уставка 23			0x1970		
Уставка 24			0x1980		
Уставка 25			0x1990		
Уставка 26			0x19A0		
Уставка 27			0x19B0		
Уставка 28			0x19C0		
Уставка 29			0x19D0		
Уставка 30			0x19E0		
Уставка 31			0x19F0		

Таблица 21. Список регистров настройки контроля скачка параметров

Название	Обозначение	Тип (байт)	Адрес (Hex)	Знач. по умолч.	Прим.
Контроль скачка 0 (начальный адрес блока)			0x1B00		
Режим работы уставки 0 - выключена 1 - включено	Enabled	Uint (2)	<b>0x1B00</b>	0	
Тайм аут инициализации по 0.5с	TimeOutInit	Uint (2)	<b>0x1B02</b>	0	
Тайм аут стабилизации по 0.5с	TimeOutStable	Uint (2)	<b>0x1B04</b>	0	
Время активного состояния по 0.5с	TimeOutActive	Uint (2)	<b>0x1B06</b>	0	
Адрес параметра (согласно таблицам результатов измерения)	ParameterAddress	Uint (2)	<b>0x1B08</b>	0	
Маска неисправностей	ParameterCheckErrors	Uint (2)	<b>0x1B0A</b>	0	
Чувствительность алгоритма скачка	ValueSense	Float (4)	<b>0x1B0C</b>	0	
Минимальный уровень скачка	CheckValueHist	Float (4)	<b>0x1B10</b>	0	
Резерв, всегда равен нулю	Reserv	Ulong(4)	<b>0x1B14</b>	0	
Контроль скачка 1			0x1B18		
Контроль скачка 2			0x1B30		
Контроль скачка 3			0x1B48		
Контроль скачка 4			0x1B60		
Контроль скачка 5			0x1B78		
Контроль скачка 6			0x1B90		
Контроль скачка 7			0x1BA8		

Таблица 22. Список регистров настройки логической сигнализации

Название	Обозначение	Тип (байт)	Адрес (Hex)	Знач. по умолч.	Прим.
Логическое правило выхода 1 (16 команд)	LogicRules[0]	Uint(2) x 16	0x1C00		
Логическое правило выхода 2	LogicRules[1]	Uint(2) x 16	0x1C20		
Логическое правило выхода 3	LogicRules[2]	Uint(2) x 16	0x1C40		
Логическое правило выхода 4	LogicRules[3]	Uint(2) x 16	0x1C60		
Логическое правило выхода 5	LogicRules[4]	Uint(2) x 16	0x1C80		
Логическое правило выхода 6	LogicRules[5]	Uint(2) x 16	0x1CA0		
Логическое правило выхода 7	LogicRules[6]	Uint(2) x 16	0x1CC0		
Логическое правило выхода 8	LogicRules[7]	Uint(2) x 16	0x1CE0		
Логическое правило выхода 9	LogicRules[8]	Uint(2) x 16	0x1D00		
Логическое правило выхода 10	LogicRules[9]	Uint(2) x 16	0x1D20		
Логическое правило выхода 11	LogicRules[10]	Uint(2) x 16	0x1D40		
Логическое правило выхода 12	LogicRules[11]	Uint(2) x 16	0x1D60		
Логическое правило выхода 13	LogicRules[12]	Uint(2) x 16	0x1D80		
Логическое правило выхода 14	LogicRules[13]	Uint(2) x 16	0x1DA0		
Логическое правило светодиода 'War'	LogicRules[14]	Uint(2) x 16	0x1DC0		
Логическое правило светодиода 'Alarm'	LogicRules[15]	Uint(2) x 16	0x1DE0		

Таблица 23. Структура команды логических правил

Название	Обозначение	Биты
<b>Код операции</b> 0x00 - пустая операция 0x1F - завершение логической формулы  0x01 - поместить значение памяти в аккумулятор 0x02 - сохранить значение аккумулятора в памяти  0x03 - сбросить аккумулятор в нуль 0x04 - инвертировать значение аккумулятора  0x05 - логическое ИЛИ аккумулятора и памяти 0x06 - логическое И аккумулятора и памяти 0x07 - логическое исключающее ИЛИ аккумулятора и памяти	Operation	11 : 15 (5)
<b>Код памяти (регистра)</b> 0x00 - нет ссылки на память 0x01 - локальная память (16 бит) собственное для каждого логического выхода (очищается перед выполнением) 0x02 - глобальная память (16 бит) общая для всех логических выходов (очищается перед выполнением) 0x03 - нет ссылки на память  0x04 - регистр статуса канала 1 0x05 - регистр статуса канала 2 0x06 - регистр статуса канала 3 0x07 - регистр статуса канала 4  0x08 - регистр статуса измерения частоты, канал 1 0x09 - регистр статуса измерения частоты, канал 2 0x0A - регистр статуса измерения оборотных составляющих 0x0B - регистр статуса модуля контроля  0x0C - регистр статуса ошибок 0x0D - регистр состояния алгоритма скачка (защелки) 0x0E - регистр состояния алгоритма скачка (активное состояние) 0x0F - регистр состояния алгоритма контроля уставок	Memory	6 : 10 (5)
Адрес в памяти (номер бита в регистре)	Address	0 : 5 (6)

Таблица 24. Основных регистры и их обозначения в программе настройки (ModuleConfigurator.exe) для формирования логических правил

Параметр	Канал 1	Канал 2	Канал 3	Канал 4	Общие регистры модуля
Канал измерения включен	Rch1.0	Rch2.0	Rch3.0	Rch4.0	
Ток датчика ниже допустимого уровня	Rch1.4	Rch2.4	Rch3.4	Rch4.4	
Ток датчика выше допустимого уровня	Rch1.5	Rch2.5	Rch3.5	Rch4.5	
Инициализация канала измерения	Rch1.6	Rch2.6	Rch3.6	Rch4.6	
Канал измерения частоты включен	Rchf1.0	Rchf2.0			
Нет импульсов синхронизации (СТОП)	Rchf1.4	Rchf2.4			
Частота стабильна	Rchf1.7	Rchf2.7			
Загрузка данных из резервной секции					Rdv.4
Ошибка идентификац. информации модуля					Rdv.6
Ошибка формулы логических выходов					Rdv.7
Все каналы измерения выключены					Rdv.9
Интерфейс RS485 выключен					Rdv.10
Интерфейс CAN выключен					Rdv.11
Неисправность каналов	Rer.0	Rer.1	Rer.2	Rer.3	
Нет импульсов синхронизации по каналу измерения частоты 0					Rer.4
Нет импульсов синхронизации по каналу измерения частоты 1					Rer.5
Частота вращения ротора не определена					Rer.6
Частота вращения ротора не стабильна					Rer.7
Состояние логического входа 1					Rer.8
Инверсное состояние логического входа 1					Rer.9
Неисправность виртуальных каналов	Rer.12	Rer.13	Rer.14	Rer.15	

Таблица 25. Соответствие флагов выхода параметра за уставки, флагов обнаружения скачка и их обозначения в программе настройки (ModuleConfigurator.exe)

Флаги выхода параметра за уставки		Флаги обнаружения скачка (защелки)		Флаги обнаружения скачка (активное состояние)	
1	Rtp.0	1	Rjl.0	1	Rja.0
2	Rtp.1	2	Rjl.1	2	Rja.1
3	Rtp.2	3	Rjl.2	3	Rja.2
4	Rtp.3	4	Rjl.3	4	Rja.3
5	Rtp.4	5	Rjl.4	5	Rja.4
6	Rtp.5	6	Rjl.5	6	Rja.5
7	Rtp.6	7	Rjl.6	7	Rja.6
8	Rtp.7	8	Rjl.7	8	Rja.7
9	Rtp.8				
10	Rtp.9				
11	Rtp.10				
12	Rtp.11				
13	Rtp.12				
14	Rtp.13				
15	Rtp.14				
16	Rtp.15				
17	Rtp.16				
18	Rtp.17				
19	Rtp.18				
20	Rtp.19				
21	Rtp.20				
22	Rtp.21				
23	Rtp.22				
24	Rtp.23				
25	Rtp.24				
26	Rtp.25				
27	Rtp.26				
28	Rtp.27				
29	Rtp.28				
30	Rtp.29				
31	Rtp.30				
32	Rtp.31				

**Интерфейсы связи**

Таблица 26. Список регистров интерфейса RS485

Название	Обозначение	Тип (байт)	Адрес (Hex)	Знач. по умолчанию	Прим.
Разрешить работу интерфейса (не нуль – работа интерфейса разрешена)	Enabled	Uint (2)	0x1400	0	
Разрешить изменения параметров работы модуля командами по интерфейсу RS485 (не нуль – разрешено)	ChangeEna	Uint (2)	0x1402	0	
Разрешить операцию однократной записи (не нуль – разрешено)	OnWriteEna	Uint (2)	0x1404	0	
Разрешить поддержку широковещательного адреса (не нуль – разрешено)	CommAddrEna	Uint (2)	0x1406	0	
Адрес устройства на шине RS485 (от 1 до 247)	Address	Uint (2)	0x1408	1	
Скорость обмена, бит/с 0 – 4800; 1 – 9600; 2 – 19200; 3 – 38400; 4 – 57600; 5 – 115200; 6 – 230400	Speed	Uint (2)	0x140A	0	

Примечание. Параметры интерфейса RS485 вступают в силу только после переинициализации интерфейса.

Таблица 27. Список стандартных регистров интерфейса CAN2.0B

Название	Обозначение	Тип (байт)	Адрес (Hex)	Знач. по умолчанию	Прим.
Разрешить работу интерфейса (не нуль – работа интерфейса разрешена)	Enabled	Uint (2)	0x1500	0	
Скорость обмена, кбит/с 0 – 1000; 1 – 500; 2 – 250; 3 – 200; 4 – 125; 5 – 100; 6 – 80; 7 – 40	Speed	Uint (2)	0x1502	0	
Адрес модуля на шине	Address	Uint (2)	0x1504	0	
Период отправки сообщений по 0.5с	PeriodSend	Uint (2)	0x1506	0	1
Передача данных по каналу измерения 1 (0 - данные не передаются)	DataSend_1	Uint (2)	0x1508	0	
Передача данных по каналу измерения 2 (назначение битов аналогичное каналу 1)	DataSend_2	Uint (2)	0x150A	0	
Передача данных по каналу измерения 3 (назначение битов аналогичное каналу 1)	DataSend_3	Uint (2)	0x150C	0	
Передача данных по каналу измерения 4 (назначение битов аналогичное каналу 1)	DataSend_4	Uint (2)	0x150E	0	

Примечания:

1. Время по 0.5 с (0 = 0.5 с).
2. Параметры интерфейса CAN2.0B вступают в силу только после переинициализации интерфейса.
3. Значение по умолчанию – значение присваиваемое параметру после «Холодного старта».

**Идентификационная информация**

Таблица 28. Список регистров идентификационной информации о модуле

Название	Обозначение	Тип (байт)	Адрес (Hex)	Знач. по умолчанию	Прим.
Заводской номер модуля	Number	UInt (2)	0x1600		
Год выпуска модуля	Year	UInt (2)	0x1602		
Номер заказа	Order	UInt (2)	0x1604		
Код монтажника	Assembler	UChar (1)	0x1606		
Код регулировщика	Adjuster	UChar (1)	0x1607		
Дополнительная текстовая информация	TextString	Char (32)	0x1608		

Примечание. Идентификационная информация доступна только для чтения, по «Холодному старту» не инициализируется.

Таблица 29. Список регистров идентификационной информации о ПО модуля

Название	Обозначение	Тип (байт)	Адрес (Hex)	Знач. по умолчанию	Прим.
Строка версии ПО микропроцессора	Version	Char (6)	0x1700		
Дата компиляции ПО микропроцессора	Date	Char (12)	0x1706		
Время компиляции ПО микропроцессора	Time	Char (10)	0x1712		

Примечание. Идентификационная информация доступна только для чтения.

**Результаты измерений**

Таблица 30. Список регистров результатов измерений АЦП (применяется для калибровки)

Название	Обозначение	Тип (байт)	Адрес (Hex)				Прим.
			Канал 1	Канал 2	Канал 3	Канал 4	
Значение АЦП по постоянному току	Constant	Ulong (4)	0x0300	0x0320	0x0340	0x0360	
Значение АЦП СКЗ переменного тока в диапазоне 10-1000Гц	VariableRms	Ulong (4)	0x0304	0x0324	0x0344	0x0364	
Значение АЦП размаха переменного тока в диапазоне 5-500Гц	VariableVpp	Ulong (4)	0x0308	0x0328	0x0348	0x0368	
Значение АЦП СКЗ(размаха) переменного тока зоны 0	FZ0_Variable	Ulong (4)	0x030C	0x032C	0x034C	0x036C	
Значение АЦП СКЗ(размаха) переменного тока зоны 1	FZ1_Variable	Ulong (4)	0x0310	0x0330	0x0350	0x0370	
Значение АЦП СКЗ(размаха) переменного тока зоны 2	FZ2_Variable	Ulong (4)	0x0314	0x0334	0x0354	0x0374	
Значение АЦП СКЗ(размаха) переменного тока зоны 3	FZ3_Variable	Ulong (4)	0x0318	0x0338	0x0358	0x0378	
Значение АЦП СКЗ(размаха) 1-й оборотной	VariableRpm1F	Ulong (4)	0x031C	0x033C	0x035C	0x037C	

Примечания:

1. Используется при калибровке каналов измерения.
2. Регистры результатов измерений доступны только для чтения.

Таблица 31. Список регистров результатов измерений по каналам измерения

Название	Обозначение	Тип (байт)	Адрес (Hex)				Прим.
			Канал 1	Канал 2	Канал 3	Канал 4	
Ток датчика	CurrentSense	Float (4)	0x0000	0x0030	0x0060	0x0090	
Постоянная составляющая	Constant	Float (4)	0x0004	0x0034	0x0064	0x0094	
Основной измеряемый параметр	MainValue	Float (4)	0x0008	0x0038	0x0068	0x0098	
Резерв, всегда равен нулю	Reserv	Float (4)	0x000C	0x003C	0x006C	0x009C	
Значение по частотной зоне 0	FZ0_Value	Float (4)	0x0010	0x0040	0x0070	0x00A0	
Значение по частотной зоне 1	FZ1_Value	Float (4)	0x0014	0x0044	0x0074	0x00A4	
Значение по частотной зоне 2	FZ2_Value	Float (4)	0x0018	0x0048	0x0078	0x00A8	
Значение по частотной зоне 3	FZ3_Value	Float (4)	0x001C	0x004C	0x007C	0x00AC	
Статус канала измерения бит 0 - канал измерения включен (onMode) бит 1-3 - режим работы канала измерения (StatusCh) бит 4 - ток датчика ниже допустимого уровня (ErrorSenseLow) бит 5 - ток датчика выше допустимого уровня (ErrorSenseHigh) бит 6 - инициализация канала измерения  бит 7 - проведено исследование формы контрольной поверхности бит 8 - ожидание проведения исследования формы контрольной поверхности бит 9 - выполнение исследования формы контрольной поверхности  бит 10 - 13 - резерв, всегда равны нулю бит 14 - вычисление постоянной составляющей бит 15 - интегрирование оборотных составляющих	Status	Uint (2)	0x0020	0x0050	0x0080	0x00B0	
Резерв, равен нулю	Reserv	UChar (14)	0x0022	0x0052	0x0082	0x00B2	
Значение частоты, Гц	ValueHz	Float (4)	0x00C0	0x00D0			
Значение частоты, об/мин	ValueRPM	Float (4)	0x00C4	0x00D4			
Максимальное значение частоты, об/мин	ValueMaxRPM	Float (4)	0x00C8	0x00D8			

## Продолжение таблицы 31

Название	Обозначение	Тип (байт)	Адрес (Hex)				Прим.
			Канал 1	Канал 2	Канал 3	Канал 4	
Статус канала измерения частоты бит 0 - канал измерения частоты включен бит 1 - повторять импульсы синхронизации бит 2 - полярность импульсов синхронизации бит 3 - детектирование стабилизации частоты включено бит 4 - нет импульсов синхронизации (СТОП) бит 5, 6 - служебные биты бит 7 - частота стабильна бит 8-15 - резерв, всегда равны нулю	StatusFr	Uint (2)	0x00CC	0x00DC			
Резерв, всегда равен нулю	Reserv	Uint (2)	0x00CE	0x00DE			
Статус модуля контроля бит 0 - ошибка EEPROM бит 1 - ошибка ОЗУ бит 2 - ошибка АЦП бит 3 - ошибка загрузки данных бит 4 - загрузка данных из резервной секции бит 5 - защита записи EEPROM бит 6 - ошибка идентификационной информации модуля бит 7 - ошибка формулы логических выходов бит 8 - резерв, равен нулю бит 9 - все каналы измерения выключены (AllChannelOff) бит 10 - интерфейс RS485 выключен (InterfRS485_Off) бит 11 - интерфейс CAN выключен (InterfCAN_Off) бит 12 - блокировка логических выходов по старту модуля (LogicOffStartUp) бит 13 - блокировка логических выходов пользователем (LogicOffUser) бит 14 - допуск на одиночную запись (AllowOneWrite) бит 15 - резерв, равен нулю	DeviceStatus	Uint (2)	0x00E0				

## Продолжение таблицы 31

Название	Обозначение	Тип (байт)	Адрес (Hex)				Прим.
			Канал 1	Канал 2	Канал 3	Канал 4	
<p>Регистр ошибок (применяется для контроля ошибок в алгоритмах уставок, контроля скачков, унифицированных выходов) бит 0-3 - неисправность каналов 1-4 соответственно</p> <p>бит 4 - нет импульсов синхронизации по каналу измерения частоты 0 бит 5 - нет импульсов синхронизации по каналу измерения частоты 1 бит 6 - частота вращения ротора не определена бит 7 - частота вращения ротора не стабильна</p> <p>бит 8 - состояние логического входа 1 бит 9 - инверсное состояние логического входа 1</p> <p>бит 10-11 - резерв, всегда равны нулю биты 12-15 - неисправность виртуальных каналов 1-4 соответственно</p>	CommonError	Uint (2)	0x00E2				
Флаги обнаружения скачка (защелки)	ControlJumpLatch	Ulong (4)	0x00E4				
Флаги обнаружения скачка (активное состояние)	ControlJumpActive	Ulong (4)	0x00E8				
Флаги выхода параметра за уставки	ControlPoint	Ulong (4)	0x00EC				
<p>Состояние логических выходов биты 0-13 - выходы 1-14 бит 14 - светодиод 'War' бит 15 - светодиод 'Alarm'</p>	LogicOutStatus	Ulong (4)	0x00F0				

Таблица 32. Список регистров результатов измерений, совместимых с модулями контроля МК20, МК30

Название	Обозначение	Тип (байт)	Адрес (Hex)				Прим.
			Канал 1	Канал 2	Канал 3	Канал 4	
Размах/СКЗ 1/2-й оборотной составляющей		Float (4)	0x1000	0x1100	0x1200	0x1300	
Размах/СКЗ 1-й оборотной составляющей		Float (4)	0x1004	0x1104	0x1204	0x1304	
Размах/СКЗ 2-й оборотной составляющей		Float (4)	0x1008	0x1108	0x1208	0x1308	
Размах/СКЗ 3-й оборотной составляющей		Float (4)	0x100C	0x110C	0x120C	0x130C	
Размах/СКЗ 4-й оборотной составляющей		Float (4)	0x1010	0x1110	0x1210	0x1310	
Размах/СКЗ 5-й оборотной составляющей		Float (4)	0x1014	0x1114	0x1214	0x1314	
Размах/СКЗ 6-й оборотной составляющей		Float (4)	0x1018	0x1118	0x1218	0x1318	
Размах/СКЗ 7-й оборотной составляющей		Float (4)	0x101C	0x111C	0x121C	0x131C	
Размах/СКЗ 8-й оборотной составляющей		Float (4)	0x1020	0x1120	0x1220	0x1320	
Размах/СКЗ 9-й оборотной составляющей		Float (4)	0x1024	0x1124	0x1224	0x1324	
Размах/СКЗ 10-й оборотной составляющей		Float (4)	0x1028	0x1128	0x1228	0x1328	
Фаза 1/2-й оборотной составляющей		Float (4)	0x102C	0x112C	0x122C	0x132C	
Фаза 1-й оборотной составляющей		Float (4)	0x1030	0x1130	0x1230	0x1330	
Фаза 2-й оборотной составляющей		Float (4)	0x1034	0x1134	0x1234	0x1334	
Фаза 3-й оборотной составляющей		Float (4)	0x1038	0x1138	0x1238	0x1338	
Фаза 4-й оборотной составляющей		Float (4)	0x103C	0x113C	0x123C	0x133C	
Фаза 5-й оборотной составляющей		Float (4)	0x1040	0x1140	0x1240	0x1340	
Резерв, всегда равен нулю		Float (4)	0x1044	0x1144	0x1244	0x1344	
		Float (4)	0x1048	0x1148	0x1248	0x1348	
		Float (4)	0x104C	0x114C	0x124C	0x134C	
		Float (4)	0x1050	0x1150	0x1250	0x1350	
		Float (4)	0x1054	0x1154	0x1254	0x1354	

## Продолжение таблицы 32

Название	Обозначение	Тип (байт)	Адрес (Hex)				Прим.
			Канал 1	Канал 2	Канал 3	Канал 4	
Ток датчика, мА		Float (4)	0x1058	0x1158	0x1258	0x1358	
Резерв, всегда равен нулю		Uint (2)	0x105C	0x115C	0x125C	0x135C	
Флаги состояния канала измерения: бит 0, 1 - не используются, равны нулю бит 2 - ток датчика ниже допустимого уровня бит 3 - ток датчик выше допустимого уровня бит 4 - уставка 1 общего уровня бит 5 - уставка 2 общего уровня бит 6 - уставка 3 общего уровня бит 7 - уставка 1 НЧ диапазона бит 8 - скачок общего уровня бит 9 - скачок 1-й оборотной бит 10-15 - не используются, равны нулю		Uint (2)	0x105E	0x115E	0x125E	0x135E	1
Размах виброперемещения 5-500 Гц, мкм (совместимость с МК20) СКЗ виброскорости 10-1000Гц, мм/с (совместимость с МК30)		Float (4)	0x1060	0x1160	0x1260	0x1360	
НЧ СКЗ виброскорости, мм/с (совместимость с МК30)		Float (4)	0x1064	0x1164	0x1264	0x1364	
ВЧ СКЗ виброскорости, мм/с (совместимость с МК30)		Float (4)	0x1068	0x1168	0x1268	0x1368	
Зазор, мкм (совместимость с МК20) Амплитуда 1-й оборотной виброперемещения, мм (совместимость с МК30)		Float (4)	0x106C	0x116C	0x126C	0x136C	
Фаза 1-й оборотной виброперемещения (совместимость с МК30)		Float (4)	0x1070	0x1170	0x1270	0x1370	
Резерв, всегда равен нулю		Float (4)	0x1074	0x1174	0x1274	0x1374	
Коэффициент формы сигнала виброскорости (совместимость с МК30)		Float (4)	0x1078	0x1178	0x1278	0x1378	

**Примечания по режиму совместимости**

1. Режим совместимости должен быть включен согласно таблице 19.
2. К регистрам совместимости может быть ассоциирован как реальный так и виртуальные каналы измерения.
3. Для виртуальных каналов измерения ассоциация происходит только по оборотным составляющим, остальные параметры равны нулю.
4. При обнаружении неисправности виртуального канала (отсутствие импульсов синхронизации, неисправность базового канала) биты 2,3 регистра статуса устанавливаются в 1.
5. Для реальных каналов измерения зона 0 должна быть настроена на измерение НЧ составляющих вибрации, зона 1 - ВЧ составляющих вибрации.
6. Для реальных каналов измерения контроль уставок должен быть ассоциирован следующим образом:
  - a. Канал 1: уставки 1, 2, 3 - предупредительная 1, предупредительная 2, аварийная, назначенные на основной параметр канала измерения соответственно;
  - b. Канал 1: уставка 4 - опасный уровень НЧ вибрации, назначенный на значение зоны 0;
  - c. Канал 2: уставки 9, 10, 11 - предупредительная 1, предупредительная 2, аварийная, назначенные на основной параметр канала измерения соответственно;
  - d. Канал 2: уставка 12 - опасный уровень НЧ вибрации, назначенный на значение зоны 0;
  - e. Канал 3: уставки 17, 18, 19 - предупредительная 1, предупредительная 2, аварийная, назначенные на основной параметр канала измерения соответственно;
  - f. Канал 3: уставка 20 - опасный уровень НЧ вибрации, назначенный на значение зоны 0;
  - g. Канал 4: уставки 25, 26, 27 - предупредительная 1, предупредительная 2, аварийная, назначенные на основной параметр канала измерения соответственно;
  - h. Канал 4: уставка 28 - опасный уровень НЧ вибрации, назначенный на значение зоны 0;
7. Для реальных каналов измерения контроль скачка параметров должен быть ассоциирован следующим образом:
  - a. Канал 1: алгоритм 1 - контроль скачка основного параметра, алгоритм 2 - контроль скачка 1-й оборотной вибрации;
  - b. Канал 2: алгоритм 3 - контроль скачка основного параметра, алгоритм 4 - контроль скачка 1-й оборотной вибрации;
  - c. Канал 3: алгоритм 5 - контроль скачка основного параметра, алгоритм 6 - контроль скачка 1-й оборотной вибрации;
  - d. Канал 4: алгоритм 7 - контроль скачка основного параметра, алгоритм 8 - контроль скачка 1-й оборотной вибрации;

Таблица 33. Список регистров оборотных составляющих каналов измерения

Название	Обозначение	Тип (байт)	Адрес (Hex)				Прим.
			Канал 1	Канал 2	Канал 3	Канал 4	
СКЗ/размах оборотных составляющих физических каналов измерения (20 составляющих с ½ оборотной по 10 оборотную с шагом ½ оборотной)	HardwareMag	Float (4) x 20	0x2000	0x2100	0x2200	0x2300	
Фаза оборотных составляющих физических каналов измерения (20 составляющих с ½ оборотной по 10 оборотную с шагом ½ оборотной)	HardwarePhase	Float (4) x 20	0x2400	0x2500	0x2600	0x2700	
СКЗ/размах оборотных составляющих виртуальных каналов измерения (20 составляющих с ½ оборотной по 10 оборотную с шагом ½ оборотной)	VirtualMag	Float (4) x 20	0x2800	0x2900	0x2A00	0x2B00	
Фаза оборотных составляющих виртуальных каналов измерения (20 составляющих с ½ оборотной по 10 оборотную с шагом ½ оборотной)	VirtualPhase	Float (4) x 20	0x2C00	0x2D00	0x2E00	0x2F00	

Таблица 34. Список регистров выборки исходного сигнала и его спектра

Название	Обозначение	Тип (байт)	Адрес (Hex)
Регистр управления (только запись) биты 1:0 – Номер канала измерения бит 2 – вид запроса (0 – сигнал; 1 - спектр) бит 3 – период запроса сигнала (0 – 500мс; 1 – 50мс), при запросе спектра не имеет значения бит 4 – выполнить запрос данных бит 5 – отменить текущее задание (имеет более высокий приоритет чем запрос данных) биты 15:6 – резерв (должны равняться 0)	SampleTask	Uint (2)	FF0F
Регистр статуса (только чтение): биты 1:0 – Номер канала измерения бит 2 – вид запроса (0 – сигнал; 1 - спектр) бит 3 – период запроса сигнала (0 – 500мс; 1 – 50мс), при запросе спектра не имеет значения бит 4 – выполняется задание, по готовности данных сбрасывается в 0 бит 5 – ожидание захвата данных бит 6 – ожидание вычисления данных бит 7 – задание выполнено, можно считывать данные (при новом запросе данных автоматически сбрасывается в нуль) бит 8 – Отмена текущего задания бит 9 – Новое задание отклонено т.к. не выполнено предыдущее (выполнение текущего задания не прерывается) бит 10 – статус вычисления данных (служебный бит) биты 15:11 – резерв, всегда равны 0	SampleStatus	Uint (2)	3F00
Результат запроса данных (только чтение) <u>Исходный сигнал представляется в мА:</u> 2048 выборок за 0.5сек или 50мс  <u>Спектр сигнала:</u> Составляющие спектра 0-1024Гц (разрешение 1Гц), СКЗ мм/с или мкм	SampleData	float(4)	4000 – 5F00

## Примечания:

1. Запись в регистр управления производится по правилам управляющей команды (бит 7 SampleStatus автоматически сбрасывается).
2. Нулевую и первую гармонику запрашиваемого спектра рекомендуется обнулить перед построением графика и не учитывать в анализе.
3. При запросе спектра постоянная составляющая размещается по адресу 0x4000 и далее. Не используемая область буфера захвата данных обнуляется и может не считываться управляющей системой.
4. Данные в буфере захвата данных сохраняются до следующего запроса.

**Управляющие команды**

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

Таблица 35. Список управляющих регистров

Адрес регистра (Hex)	Записываемое значение (Hex)	Действие	Прим.
0xFF00	0x55	Сброс модуля (аналогично включению питания модуля)	
0xFF01	0x60	Выполнить повторную инициализацию измерения частоты	1, 3
	0x61	Пересчитать коэффициенты канала 1	1, 3
	0x62	Пересчитать коэффициенты канала 2	1, 3
	0x63	Пересчитать коэффициенты канала 3	1, 3
	0x64	Пересчитать коэффициенты канала 4	1, 3
	0xA1	Сбросить проведенное исследование контрольной поверхности для канала 1	3
	0xA2	Сбросить проведенное исследование контрольной поверхности для канала 2	3
	0xA3	Сбросить проведенное исследование контрольной поверхности для канала 2	3
	0xA4	Сбросить проведенное исследование контрольной поверхности для канала 2	3
	0x91	Выполнить повторную инициализацию унифицированных выходов	3
	0x93	Выполнить повторную инициализацию интерфейса RS485	2, 3
0x98	Выполнить повторную инициализацию интерфейса CAN2.0B	2, 3	
0xFF02	0x33	Блокировка логической сигнализации	
	0xCC	Нормальная работа логической сигнализации	
0xFF03	0x3C	Запрос на одиночную запись	
0xFF04	0x10 - 0x17	Квотирование флагов скачка параметра по алгоритмам 1-8 соответственно	
0xFF0B	0xD0	Повторная инициализация всех алгоритмов контроля скачка параметров	3
	0xE0	Повторная инициализация всех алгоритмов контроля уставок	3

Примечания:

1. Может применяться после калибровки для проверки изменений без перезагрузки модуля.
2. Если команда пришла во время передачи данных, данные передаются полностью, затем выполняется переинициализация.
3. Логическая сигнализация должна быть заблокирована.
4. После записи перезагрузка модуля не выполняется.
5. Только для каналов 1,2 в режиме измерения частоты вращения ротора.
6. Во время записи работа модуля останавливается. После записи автоматически выполняется сброс модуля.

Продолжение таблицы 35

Адрес регистра (Hex)	Записываемое значение (Hex)	Действие	Прим.
0xFF06		Запись параметров работы в энергонезависимую память модуля	3, 4
	0x40	Калибровочные значения канала 1	
	0x41	Калибровочные значения канала 2	
	0x42	Калибровочные значения канала 3	
	0x43	Калибровочные значения канала 4	
	0x44	Основные параметры канала 1	
	0x45	Основные параметры канала 2	
	0x46	Основные параметры канала 3	
	0x47	Основные параметры канала 4	
	0x4C	Основные параметры модуля	
	0x4D	Параметры каналов синхронизации	
	0x4E	Параметры интерфейса RS485	
	0x4F	Основные параметры интерфейса CAN2.0	
	0x50	Параметры алгоритмов уставок с номерами 1-8	
	0x51	Параметры алгоритмов уставок с номерами 9-16	
	0x52	Параметры алгоритмов уставок с номерами 17-24	
	0x53	Параметры алгоритмов уставок с номерами 25-32	
	0x54	Параметры алгоритмов контроля скачка параметра с номерами 1-8	
	0x56	Параметры виртуальных каналов измерения	
	0x5A	Параметры унифицированных выходов	
0x5B	Параметры совместимости с модулями МК20/МК30		
0x5C	Логические правила для логических выходов с номерами 1-4		
0x5D	Логические правила для логических выходов с номерами 5-8		
0x5E	Логические правила для логических выходов с номерами 9-12		
0x5F	Логические правила для логических выходов с номерами 13, 14, светодиодов 'War' и 'Alarm'		
0xFF07	0x21	Запись всех параметров настройки модуля в энергонезависимую память	3, 6

Примечания:

1. Может применяться после калибровки для проверки изменений без перезагрузки модуля.
2. Если команда пришла во время передачи данных, данные передаются полностью, затем выполняется переинициализация.
3. Логическая сигнализация должна быть заблокирована.
4. После записи перезагрузка модуля не выполняется.
5. Только для каналов 1,2 в режиме измерения частоты вращения ротора.
6. Только в режиме измерения прогиба ротора.
7. Во время записи работа модуля останавливается. После записи автоматически выполняется сброс модуля.

## **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

## **Транспортирование и хранение**

Транспортирование производить любым видом транспорта, при условии защиты от воздействия атмосферных осадков и брызг воды, в соответствии с правилами транспортирования, действующим на всех видах транспорта.

При транспортировании самолетом аппаратура должна быть размещена в отапливаемых герметизированных отсеках.

Условия транспортирования – Ж по ГОСТ 23216-78.

Хранение аппаратуры в части воздействия климатических факторов должно соответствовать группе ЖЗ по ГОСТ 15150-69.

Срок хранения не более 6 месяцев со дня отгрузки.

## **Гарантии изготовителя**

Изготовитель гарантирует соответствие аппаратуры техническим требованиям при соблюдении условий эксплуатации, хранения, транспортирования и монтажа.

Гарантийный срок эксплуатации 24 месяца с момента ввода в эксплуатацию, но не более 30 месяцев с момента изготовления.

В случае отправки модуля для ремонта на предприятие изготовитель необходимо указать выявленную неисправность.

## Приложения

### А. Расположение органов регулировки на плате модуля МК32

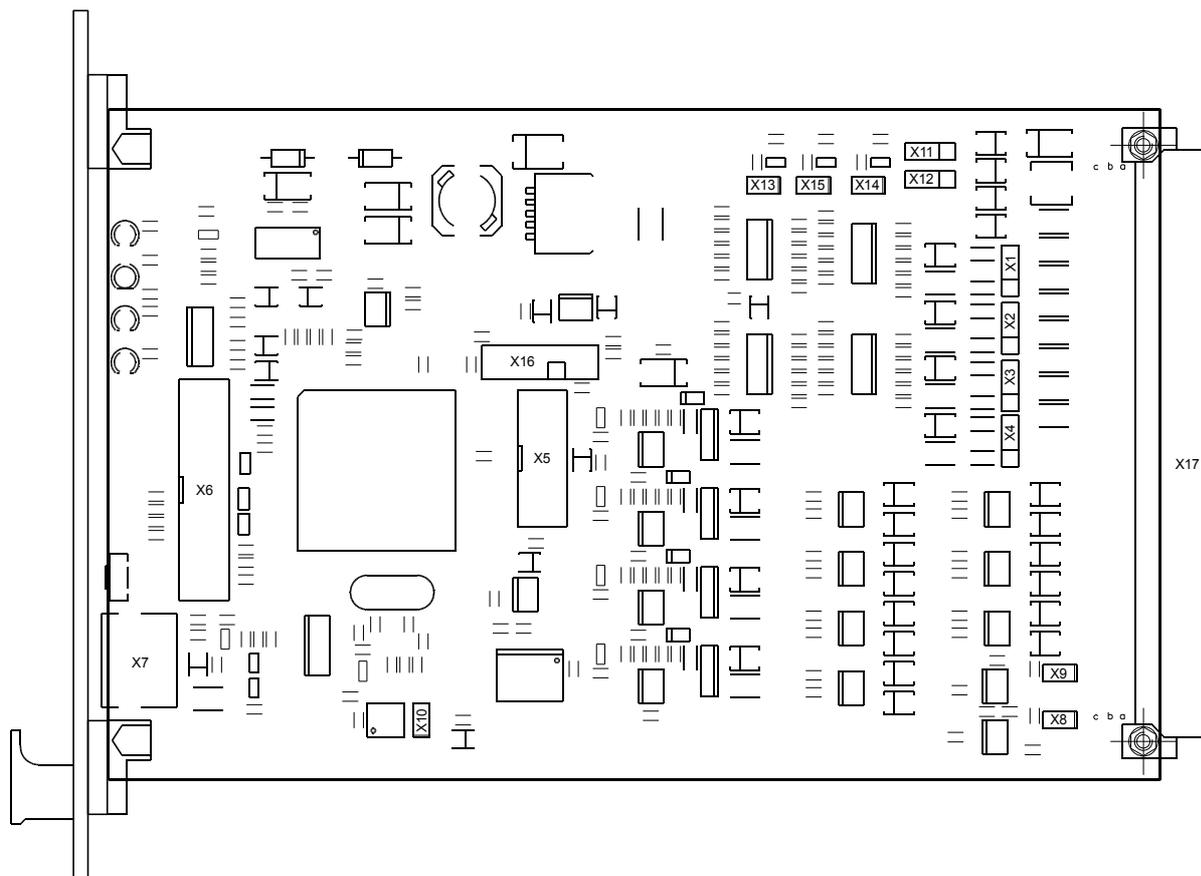


Рисунок 13. Расположение элементов на плате модуля МК32

Перемычки X1, X2, X3, X4 – выбор режима каналов измерения 1, 2, 3, 4 соответственно

Снята	Режим работы по напряжению
1-2	Режим работы по току 4...20мА
2-3	Режим работы по току 1...5мА

Перемычка X8, X9 – терминатор 120 Ом шины RS485, CAN соответственно

Снята	Терминатор отключен от шины
Одета	Терминатор подключен к шине

Перемычка X10 – защита записи в EEPROM

Снята	Запись в EEPROM запрещена
Одета	Запись в EEPROM разрешена

Перемычки X13, X14, X15 – подтягивающие резисторы логического входа, входа синхронизации 1, входа синхронизации 2 соответственно

Снята	резистор подтяжки отключен
Одета	резистор подтяжки включен

Перемычки X11, X12 - источник сигнала для каналов синхронизации 1, 2 соответственно

Снята	Нет синхронизации
1-2	Вход канала измерения (1 или 2)
2-3	Вход сигналов синхронизации (1 или 2)

**Б. Назначение контактов разъема X17**

Номер контакта	Обозначение	Назначение
A2	GND	Общий
A4	logic Input	Логический вход
A6	+24V	Напряжение питания модуля
A20	Lout 1	Логический выход 1
A21	Lout 13	Логический выход 13
A22	Lout 2	Логический выход 2
A23	Lout 14	Логический выход 14
A24	Lout 3	Логический выход 3
A26	Lout 4	Логический выход 4
A28	CAN GND	Общий CAN интерфейса
A30	RS485 GND	Общий RS485 интерфейса
A32	GND	Общий
B1	GND	Общий
B3	Input impulse 1	Импульсный вход 1
B5	+24V	Напряжение питания модуля
B7	Spw 1 +24V	Напряжение питания датчика канала 1
B9	Spw 2 +24V	Напряжение питания датчика канала 2
B11	Spw 3 +24V	Напряжение питания датчика канала 3
B13	Spw 4 +24V	Напряжение питания датчика канала 4
B15	Aout 1	Аналоговый выход 1
B17	Aout 3	Аналоговый выход 3
B19	Lout 5	Логический выход 5
B21	Lout 6	Логический выход 6
B23	Lout 7	Логический выход 7
B25	Lout 8	Логический выход 8
B27	CAN H	Провод H CAN интерфейса
B29	RS485 B(-)	Провод B(-) RS485 интерфейса
B31	GND	Общий
C2	GND	
C4	Fin 2	Импульсный вход 2
C6	+24V	Напряжение питания модуля
C8	Sin 1	Вход канала 1
C10	Sin 2	Вход канала 2
C12	Sin 3	Вход канала 3
C14	Sin 4	Вход канала 4
C16	Aout 2	Аналоговый выход 2
C18	Aout 4	Аналоговый выход 4
C20	Lout 9	Логический выход 9
C22	Lout 10	Логический выход 10
C24	Lout 11	Логический выход 11
C26	Lout 12	Логический выход 12
C28	CAN L	Провод L CAN интерфейса
C30	RS485 A(+)	Провод A(+) RS485 интерфейса
C32	GND	Общий

### **Г. Маркировка модуля**

Состав маркировки модуля контроля:

- Тип модуля: МК32, вариант исполнения (“DC”; “DC-20”)
- Серийный номер и год выпуска модуля;
- Режим работы унифицированных выходов: А (1-5мА), В (4-20мА);
- Номер монтажной;
- Номер регулировщика;
- Номер заказа.

Пример маркировки модуля МК32:

МК32 DC-20	№ модуля -	Режим	Монт.	Регул.	Заказ
---------------	---------------	-------	-------	--------	-------

Полная информация о настройке модуля (диапазоны измерений, уровни уставок по каналам измерений, параметры интерфейсов связи, настройка логической сигнализации и т.д.) указана в формуляре на соответствующий модуль.

## Список таблиц

Таблица 1. Технические характеристики модуля МК32.....	6
Таблица 2. Доступность видов измеряемых параметров по физическим каналам измерения .....	7
Таблица 3. Дополнительные характеристики МК32.....	7
Таблица 4. Зарезервированные форматы для вывода числовых значений параметров на ЖКИ.....	9
Таблица 5. Параметры интерфейса RS485.....	28
Таблица 6. Возможные коды ошибок протокола ModBus.....	29
Таблица 7. Реализованные команды протокола ModBus в модуле МК32.....	29
Таблица 8. Список поддерживаемых диагностических команд протокола ModBus.....	30
Таблица 9. Параметры интерфейса CAN2.0В.....	31
Таблица 10. Параметры ведомого интерфейса CAN2.0В.....	31
Таблица 11. Параметры ведомого интерфейса SPI.....	32
Таблица 12. Список калибровочных регистров каналов измерения.....	33
Таблица 13. Список основных регистров каналов измерения.....	35
Таблица 14. Список регистров настройки виртуальных каналов измерения.....	38
Таблица 15. Список регистров каналов измерения частоты.....	39
Таблица 16. Список регистров настройки унифицированных выходов.....	40
Таблица 17. Список регистров управления унифицированным выходом.....	40
Таблица 18. Список системных регистров.....	41
Таблица 19. Список регистров настройки совместимости с модулями МК20, МК30.....	41
Таблица 20. Список регистров настройки уставок.....	42
Таблица 21. Список регистров настройки контроля скачка параметров.....	43
Таблица 22. Список регистров настройки логической сигнализации.....	44
Таблица 23. Структура команды логических правил.....	45
Таблица 24. Основные регистры и их обозначения в программе настройки (ModuleConfigurator.exe) для формирования логических правил.....	46
Таблица 25. Соответствие флагов выхода параметра за уставки, флагов обнаружения скачка и их обозначения в программе настройки (ModuleConfigurator.exe).....	47
Таблица 26. Список регистров интерфейса RS485.....	48
Таблица 27. Список стандартных регистров интерфейса CAN2.0В.....	48
Таблица 28. Список регистров идентификационной информации о модуле.....	49
Таблица 29. Список регистров идентификационной информации о ПО модуля.....	49
Таблица 30. Список регистров результатов измерений АЦП (применяется для калибровки).....	50
Таблица 31. Список регистров результатов измерений по каналам измерения.....	51
Таблица 32. Список регистров результатов измерений, совместимых с модулями контроля МК20, МК30.....	54
Таблица 33. Список регистров оборотных составляющих каналов измерения.....	57
Таблица 34. Список регистров выборки исходного сигнала и его спектра.....	58
Таблица 35. Список управляющих регистров.....	59

Для заметок