



26.51.66.133

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

## **АППАРАТУРА «ВИБРОБИТ 300»**

### **Модуль контроля МК32**

**Инструкция по настройке**  
(с версией ПО модуля от 1.70)

**ВШПА.421412.3032 И2**

Тел/Факс +7 863 218-24-75

Тел/Факс +7 863 218-24-78

info@vibrobit.ru

www.vibrobit.ru

Инструкция по настройке модуля МК32 предназначена для ознакомления пользователей (потребителей) с основными принципами работы и методами настройки модуля контроля переменных сигналов МК32 аппаратуры «Вибробит 300» с версией программного обеспечения (ПО) от 1.70.

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, программного обеспечения без ухудшения технических характеристик изделия.

Редакция 3 от 10.09.2019

## Содержание

1 Общие сведения.....	4
2 Технические характеристики.....	6
3 Средства индикации и управления.....	11
3.1 Вариант исполнения МК32-DC-R2.....	11
3.2 Вариант исполнения МК32-DC-20-R2 (-LF3; -LF4; ; -MF3; -M-RAM-PO).....	12
4 Работа модуля.....	15
4.1 Включение питания.....	15
4.2 Сброс модуля.....	15
4.2.1 «Холодный старт» модуля.....	15
4.3 Системные параметры модуля МК32.....	16
4.3.1 Параметры дискретизации выборок АЦП.....	17
4.3.2 Исследование формы контрольной поверхности.....	17
4.3.3 Контроль принятых системных настроек в модуле МК32.....	18
4.4 Основные параметры канала измерения.....	19
4.5 Измерение постоянного тока датчика.....	20
4.5.1 Тест исправности датчика.....	20
4.6 Измерения значения параметра представленного величиной постоянного тока.....	22
4.7 Измерение частоты вращения ротора.....	23
4.8 Измерение параметров, представленных сигналами переменного тока.....	25
4.8.1 Основные вычисляемые параметры.....	26
4.8.2 Калибровочные коэффициенты сигналов переменного тока.....	27
4.8.3 Интегрирование первичной выборки сигнала.....	29
4.8.4 Спектральный фильтр НЧ шума.....	29
4.8.5 Алгоритм коррекции АЧХ.....	31
4.8.6 Измерение по частотным зонам.....	33
4.8.7 Вычисление оборотных составляющих.....	34
4.8.8 Виртуальные каналы измерения.....	36
4.8.9 Запрос выборок и спектра сигнала.....	37
4.9 Контроль состояния канала измерения.....	38
4.10 Унифицированные выходы.....	39
4.11 Логические функции модуля.....	40
4.11.1 Сравнение вычисленного значения параметра с уставками.....	40
4.11.2 Детектирование «скачка» параметра.....	41
4.11.3 Логические выходы.....	44
4.12 Рекомендации по калибровке модуля.....	46
4.12.1 Калибровка по постоянному току.....	46
4.12.2 Калибровка по переменному току.....	47
4.12.3 Калибровка унифицированного выхода.....	48
5 Цифровые интерфейсы управления.....	50
5.1 Интерфейс RS485.....	50
5.1.1 Настройка параметров работы модуля по протоколу ModBus.....	50
5.1.2 Поддерживаемые команды протокола ModBus.....	51
5.1.3 Вычисление контрольной суммы в сообщениях.....	52
5.1.4 Особенности управления по протоколу ModBusRTU.....	52
5.1.5 Особенности управления по протоколу VibrobitRTU.....	52
5.2 Интерфейс CAN2.0B.....	52
5.2.1 Формат сообщений, передаваемых по CAN2.0B интерфейсу.....	52
5.3 Ведомый интерфейс SPI.....	53
5.4 Параметры настройки и текущее состояние модуля (таблицы адресов).....	54
5.4.1 Параметры каналов измерения и системные настройки модуля.....	54
5.4.2 Интерфейсы связи.....	68
5.4.3 Идентификационная информация.....	69
5.4.4 Результаты измерений.....	70
5.4.5 Управляющие команды.....	78
6 Программное обеспечение.....	80
7 Техническое обслуживание.....	81
Приложение А.....	82
Приложение Б.....	86

## 1 Общие сведения

Универсальный 4-х каналный модуль контроля МК32 (далее модуль МК32) предназначен для измерения сигналов переменного тока методом спектрального анализа 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 следующие виды измерений:

- СКЗ (среднеквадратичное значение) виброскорости опор подшипников;
- вектор СКЗ виброскорости, вычисленный по оборотным составляющим;
- размах относительного виброперемещения ротора;
- вектор размаха относительного виброперемещения ротора, вычисленный по оборотным составляющим;
- размах абсолютного виброперемещения опор;
- вектор размаха абсолютного виброперемещения опор, 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 основной набор функций канала измерения входит:

- измерение постоянного тока датчика и контроль исправности датчика и линии связи;
- вычисление значения параметра (с периодом — 0,5 с);
- вычисление оборотных составляющих с разрешением  $\frac{1}{4}$  оборотной составляющей (при наличии импульсов синхронизации);
- сравнение с уставками, формирование логической сигнализации;
- контроль скачка измеряемого параметра;
- передача вычисленного значения параметра на унифицированный токовый выход;
- доступность результатов измерения и состояния канала измерения по цифровым интерфейсам связи.

Модуль МК32 поддерживает четыре виртуальных канала измерения. Значение виртуальных каналов измерения вычисляется на основе оборотных составляющих физических каналов измерения.

Для виртуального канала измерения доступны следующие функции: интегрирование, сложение, вычитание, масштабирование.

Для каждого физического канала измерения предусмотрено четыре настраиваемые частотные зоны. Каждая из частотных зон может быть настроена на работу как с фиксированными так и с плавающими частотными границами.

К другим особенностям модуля МК32 относятся:

- входные сигналы каналов измерения: (0(1) – 5) мА; (0(4) – 20) мА; (0 – 3) В;
- 14 настраиваемых логических выходов для реализации схем сигнализации и защиты;
- 4 независимых унифицированных токовых выхода;
- поддерживаемые интерфейсы связи: два независимых RS485, CAN2.0B, диагностический интерфейс;
- сервисное программное обеспечение для ПК (персонального компьютера). Используется для визуализации текущего состояния, настройки и калибровки модуля;
- питание преобразователей (датчиков) осуществляется через самовосстанавливающиеся предохранители 200 мА, установленные на плате модуля МК32, постоянным напряжением +24 В;
- однополярное питание модуля постоянным напряжением +24 В, низкое энергопотребление.

Все настройки модуля МК32 осуществляются 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 модуль диагностического интерфейса MC01 USB (интерфейс ПК USB).

Конструктивно МК32 выполнен в виде модуля 3U для блочных корпусов типа «Евромеханика» 19».

Таблица 1 - Варианты исполнения модуля контроля МК32

Код исполнения	Обозначение	Примечание
МК32-DC-R2	ВШПА.421412.3032-10	Ограниченная система индикации, лицевая панель 20 мм. Настройка, просмотр измеренных значений и состояния модуля возможно только по цифровым интерфейсам связи.
МК32-DC-20-R2	ВШПА.421412.3032-11	Расширенная система индикации и управления, лицевая панель 40 мм. На лицевой панели расположен графический ЖКИ 122x32 точек, дополнительные светодиоды индикации и управляющие кнопки.
МК32-DC-20-R2-LF3	ВШПА.421412.3032-20	Аналогично варианту исполнения МК32-DC-20-R2  Три канала измерения НЧ абсолютного виброперемещения, 16-разрядное АЦП
МК32-DC-20-R2-LF4	ВШПА.421412.3032-21	Аналогично варианту исполнения МК32-DC-20-R2  Четыре канала измерения НЧ абсолютного виброперемещения, 16-разрядное АЦП
МК32-DC-20-R2-MF3	ВШПА.421412.3032-22	Аналогично варианту исполнения МК32-DC-20-R2  Три канала измерения абсолютного виброперемещения в среднем диапазоне частот, 16-разрядное АЦП
МК32-DC-20-R2-M-RAM-PO	ВШПА.421412.3032-30	Аналогично варианту исполнения МК32-DC-20-R2  Гальванически изолированные унифицированные токовые выходы (пассивный режим)

## 2 Технические характеристики

Таблица 2 - Основные технические характеристики модуля МК32

Наименование параметра	Значение
Количество каналов измерения	4
Количество входов измерения частоты	2 <sup>1)</sup>
Диапазоны измерения входного сигнала <ul style="list-style-type: none"> <li>• постоянного тока, мА</li> <li>• постоянного напряжения, В</li> <li>• СКЗ синусоидального переменного тока, мА</li> <li>• СКЗ синусоидального переменного напряжения, В</li> </ul>	1 – 5; 4 – 20 0,56 – 2,80 0 – 1,410; 0 – 5,656 0 – 0,792
Входное сопротивление, Ом <ul style="list-style-type: none"> <li>• постоянного тока</li> <li>• постоянного напряжения</li> </ul>	560 ± 2; 140 ± 0,5 не менее 10 000
Общее количество назначаемых уставок	32
Общее количество алгоритмов внезапного и необратимого изменения (скачка) параметра	8
Количество дискретных (логических) выходов	14
Выходные дискретные сигналы модуля <ul style="list-style-type: none"> <li>• постоянное напряжение, В, не более</li> <li>• ток выхода, мА, не более</li> </ul>	открытый коллектор 24 200
Количество дополнительных логических входов	1
Время обновления показаний и работы логики сигнализации и защиты, с	0,5
Типы поддерживаемых цифровых интерфейсов связи	RS485 CAN 2.0B диагностический SPI
Напряжение питания, В	+(24 ± 1)
Потребляемый ток, мА, не более	120 <sup>2)</sup>
Диапазон рабочей температуры окружающего воздуха (от и до включ.), °С	+5...+45
<sup>1)</sup> Для каналов измерения 1, 2. <sup>2)</sup> Ток потребления указан без учета тока потребления датчиков и других внешних цепей.	

Таблица 3 - Характеристики измерения постоянных сигналов модулем МК32

Наименование параметра	Значение
Диапазоны измерения и сигнализации постоянных сигналов	определяется типом подключенного датчика
Пределы допускаемой основной относительной погрешности измерения постоянного сигнала (смещений), %, не более <ul style="list-style-type: none"> <li>• по унифицированному сигналу</li> <li>• по цифровому индикатору</li> </ul>	± 1,0 ± 0,5

Таблица 4 - Характеристики измерения частоты вращения ротора модулем МК32

Наименование параметра	Значение
Диапазон измерения частоты вращения ротора, об/мин	1 – 12000
Пределы допускаемой основной абсолютной погрешности измерения частоты вращения ротора по цифровому индикатору, об/мин, не более	± 2,0
Пределы допускаемой основной относительной погрешности измерения частоты вращения ротора по унифицированному выходу, %, не более	± 1,0
Параметры входного сигнала синхронизации: <ul style="list-style-type: none"> <li>• амплитуда импульса, (от и до включ.), В</li> <li>• длительность импульса, мс, не менее</li> </ul>	0 – 5 0,001

Таблица 5 - Характеристики измерения СКЗ виброскорости модулем МК32

Наименование параметра	Значение
Диапазон измерения и сигнализации СКЗ виброскорости, мм/с <sup>1)</sup>	0,4 – 15,0 0,8 – 30,0
Диапазон частот измерения (от и до включ.), Гц	2 – 1000 10 – 1000
Базовая частота измерения, Гц	80 ± 1
Неравномерность амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) в диапазонах частот (10 – 1000) Гц, % <ul style="list-style-type: none"> <li>• (10 – 20) Гц</li> <li>• (20 – 500) Гц</li> <li>• (500 – 1000) Гц</li> </ul>	+ 2,0; - 10,0 ± 2,0 + 2,0; - 10,0
Неравномерность амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) в диапазонах частот (2 – 1000) Гц, % <ul style="list-style-type: none"> <li>• (2 – 20) Гц</li> <li>• (20 – 500) Гц</li> <li>• (500 – 1000) Гц</li> </ul>	+ 2,0; - 10,0 ± 2,0 + 2,0; - 10,0
Пределы допускаемой основной относительной погрешности измерения на базовой частоте по дисплею и унифицированному выходу, %	± 1,0
Пределы допускаемой относительной погрешности срабатывания сигнализации внезапного и необратимого изменения параметра, %	± 10,0
Значение уровня внезапного и необратимого изменения параметра, мм/с	1,0 <sup>2)</sup>
Количество настраиваемых дополнительных частотных зон измерения	4
<sup>1)</sup> Диапазон измерения, в котором обеспечивается заявленная метрологическая точность, фактический диапазон измерения - от 0,1 мм/с. <sup>2)</sup> Может быть изменено по требованию заказчика.	

Таблица 6 - Характеристики измерения размаха относительного виброперемещения модулем МК32

Наименование параметра	Значение
Диапазон измерения и сигнализации размаха относительного виброперемещения, мм	0,01 – 0,25 0,02 – 0,50
Диапазон частот измерения (от и до включ.), Гц	5 – 500
Базовая частота измерения, Гц	80 ± 1
Неравномерность амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) в диапазонах частот, % <ul style="list-style-type: none"> <li>• (5 – 10) Гц</li> <li>• (10 – 250) Гц</li> <li>• (250 – 500) Гц</li> </ul>	+ 2,0; - 10,0 ± 2,0 + 2,0; - 10,0
Пределы допускаемой основной относительной погрешности измерения на базовой частоте по дисплею и унифицированному выходу, %	± 1,0
Количество настраиваемых дополнительных частотных зон измерения	2
Измерение статического зазора между датчиком и контрольной поверхностью	Да

Таблица 7 - Характеристики измерения размаха абсолютного виброперемещения модулем МК32

Наименование параметра	Значение
Диапазон измерения и сигнализации размаха абсолютного виброперемещения, мм	0,01 – 0,25 0,01 – 0,50
Тип сигнала датчика	мгновенная виброскорость
Диапазон частот измерения (от и до включ.), Гц <ul style="list-style-type: none"> <li>• низкочастотный диапазон (LF)</li> <li>• среднечастотный диапазон (MF)</li> </ul>	0,8 – 200 2 – 1000
Базовая частота измерения, Гц	40 ± 1
Неравномерность амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) в диапазонах частот, % Для частотного диапазона 0,8 – 200Гц <ul style="list-style-type: none"> <li>• (0,8 – 2) Гц</li> <li>• (2 – 160) Гц</li> <li>• (160 – 200) Гц</li> </ul> Для частотного диапазона 2 – 1000Гц <ul style="list-style-type: none"> <li>• (2 – 5) Гц</li> <li>• (5 – 200) Гц</li> <li>• (200 – 1000) Гц</li> </ul>	+ 2,0; - 10,0 ± 2,0 + 2,0; - 10,0  + 2,0; - 10,0 ± 2,0 + 2,0; - 10,0
Пределы допускаемой основной относительной погрешности измерения на базовой частоте по дисплею и унифицированному выходу, %	± 1,0
Количество настраиваемых дополнительных частотных зон измерения	1
Время обновления показаний и работы логики сигнализации и защиты в 3-х и 4-х канальном режиме измерения, с	1,0

Таблица 8 - Характеристики измерения оборотных составляющих переменного сигнала модулем МК32

Наименование параметра	Значение
Диапазон измерения и сигнализации	в соответствии с режимом работы канала измерения
Диапазон частот измерения (от и до включ.), Гц	0,05 – 160 <sup>1)</sup>
Диапазон измерения фазы синусоидального сигнала (от и до включ.), °	0 – 360
Базовая частота измерения, Гц	80 ± 1
Неравномерность амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) в диапазонах частот, %	± 2,0
Пределы допускаемой основной относительной погрешности измерения на базовой частоте по дисплею и унифицированному выходу, %	± 1,0
Пределы допускаемой основной абсолютной погрешности измерения фазы входного синусоидального сигнала, °	± 4,0
Спектральное разрешение измерения оборотных составляющих	¼ оборотной составляющей <sup>2)</sup>
<sup>1)</sup> Диапазон частот указан для 1-й оборотной составляющей. <sup>2)</sup> При низкой частоте вращения ротора ¼ и ½ оборотные составляющие могут не вычисляться. Для вычисления оборотных составляющих переменного сигнала необходимо чтобы на модуль МК32 поступал сигнал синхронизации.	



Таблица 9 - Характеристики унифицированных токовых выходов модуля МК32

Наименование параметра	Значение
Количество унифицированных сигналов постоянного тока	4
Выходной унифицированный сигнал постоянного тока, мА	0(1) – 5 0(4) – 20
Сопrotивление нагрузки выходного унифицированного сигнала, Ом, не более <ul style="list-style-type: none"> <li>• диапазон 0(1) – 5) мА</li> <li>• диапазон 0(4) – 20) мА</li> </ul>	2000 500
<u>Дополнительные характеристики для варианта исполнения МК32-DC-20-R2-M-RAM-PO</u>	
Тип унифицированных выходов	Пассивный регулятор с гальванической изоляцией <sup>1)</sup>
Напряжение источника питания унифицированного токового выхода, В	от 18 до 30
Рабочее напряжение гальванической изоляции унифицированного токового сигнала, В, не более	400 <sup>2)</sup>
<sup>1)</sup> Каждый выход имеет гальваническую изоляцию от других унифицированных выходов и источника питания модуля. <sup>2)</sup> Напряжение, приложенное между любыми гальванически изолированными цепями, либо шиной заземления и любой гальванически изолированной цепью. Значения приведены для нормальных условий, согласно ГОСТ Р 53429-2009.	

Таблица 10 - Характеристики интерфейса RS485

Наименование параметра	Значение
Количество интерфейсов RS485	2
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
Входное сопротивление драйвера, кОм, не менее	12
Электростатическая стойкость, кВ, не менее	± 16
Гальваническая изоляция от источника питания модуля	нет

Таблица 11 - Характеристики диагностического интерфейса (D.port)

Наименование параметра	Значение
Тип интерфейса	ведомый SPI
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 изоляция от источника питания модуля	нет

Таблица 12 - Характеристики интерфейса CAN2.0

Наименование параметра	Значение
Количество интерфейсов CAN2.0	1
Режим работы	Активный
Формат данных	Специализированный для 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
Максимальное число узлов на шине	120
Входное сопротивление драйвера, кОм, не менее	5
Электростатическая стойкость, кВ, не менее	± 16
Гальваническая изоляция от источника питания модуля	нет

Таблица 13 - Дополнительные характеристики модуля МК32

Наименование параметра	Значение
Габаритные размеры, мм <ul style="list-style-type: none"> <li>• модуль контроля МК32-DC-R2</li> <li>• модуль контроля МК32-DC-20-R2(-LF3; -LF4; -MF3; -M-RAM-PO)</li> </ul>	20,1 x 130 x 190 40,3 x 130 x 190
Масса, кг, не более <ul style="list-style-type: none"> <li>• модуль контроля МК32-DC-R2</li> <li>• модуль контроля МК32-DC-20-R2(-LF3; -LF4; -MF3; -M-RAM-PO)</li> </ul>	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, не менее	10
Допустимая относительная влажность при температуре +35 °С, %, не более	80
Гарантийный срок эксплуатации, месяцев	24
Условия транспортирования по ГОСТ 23216-78	Ж
Условия хранения по ГОСТ 15150-69	3 (ЖЗ)

### 3 Средства индикации и управления

Лицевая панель модуля МК32 отличается в зависимости от варианта исполнения. Внешний вид лицевых панелей модуля МК32 показан на рисунке 1.

На всех видах лицевых панелей расположены следующие элементы:

- ручка для установки/демонтажа модуля в секции;
- крепежные винты модуля к секции;
- разъем диагностического интерфейса **D.port**;
- потайная кнопка сброса модуля **Reset**;
- светодиод состояния модуля **Ok**.

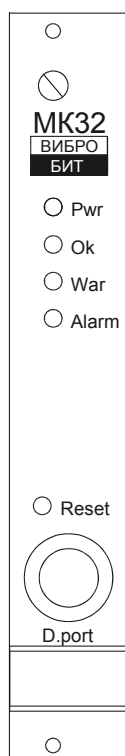
По цвету свечения светодиода **Ok** можно определить состояние модуля:

- зеленый цвет – нормальная работа модуля;
- желтый цвет – выходная логическая сигнализация заблокирована после включения (сброса) модуля или по команде пользователя;
- красный цвет – фатальная ошибка в работе модуля, работа модуля заблокирована;
- мигание зеленым (желтым) цветом – обнаружена ошибка по тесту датчика для одного из каналов измерения.

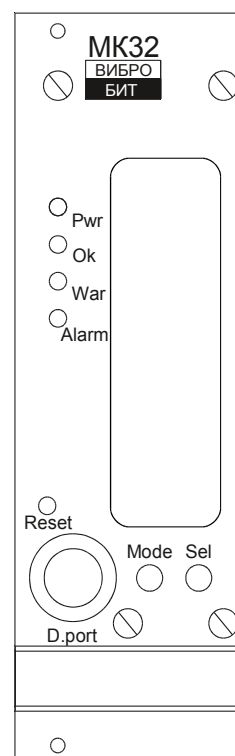
#### 3.1 Вариант исполнения МК32-DC-R2

Узкая лицевая панель (ширина 20 мм) с ограниченной системой индикации и управления. Просмотр результатов измерения возможно только при считывании по цифровым интерфейсам связи. Дополнительно на лицевой панели модуля расположены:

- зеленый светодиод '**Pwr**' – включено питание модуля;
- двуцветный светодиод '**Ok**' – индикация состояние модуля;
- желтый светодиод '**War**' – предупреждение (логика работы светодиода определяется при настройке модуля);
- красный светодиод '**Alarm**' – тревога (логика работы светодиода определяется при настройке модуля).



а) МК22-DC-R2



б) МК32-DC-20-R2(-LF3; -LF4; -M-RAM-PO)

Рисунок 1 - Внешний вид лицевой панели МК32

### 3.2 Вариант исполнения МК32-DC-20-R2 (-LF3; -LF4; ; -MF3; -M-RAM-PO)

Лицевая панель модуля МК32 с специализированным графическим ЖКИ (жидкокристаллический индикатор) (32x128 пикселей), сигнальными светодиодами и управляющими кнопками.

На лицевой панели расположены:

- графический ЖКИ со встроенной светодиодной подсветкой
- сигнальные светодиоды:
  - зеленый светодиод **'Pwr'** – включение питания блока;
  - двухцветный светодиод **'Ok'** -- состояние модуля;
  - желтый светодиод **'War'** – предупреждение (логика работы светодиода определяется при настройке модуля);
  - красный светодиод **'Alarm'** – тревога (логика работы светодиода определяется при настройке модуля).

Две управляющие кнопки:

- кнопка **'Mode'** – выбор режима отображения;
- кнопка **'Sel'** – выбор отображаемых данных.

Включение/выключение логических выходов осуществляется одновременным нажатием и удержанием кнопок **'Mode'-'Sel'**, пока не произойдет переключения режима работы логических выходов. При блокировке логических выходов светодиод **'Ok'** светиться желтым цветом, а все логические выходы находятся в неактивном состоянии.

Длительное удержание кнопки **'Mode'** - в режиме «Информация по каналу» сбрасывает флаги обнаруженных «скачков» параметров соответствующего канала измерения.

Вывод информации на ЖКИ настраиваемый, предусматривает два режима отображения:

- гистограммы - информация представляется в виде 4-х закрашенных столбиков, высота которых пропорциональна значению выводимых параметров;
- информация по каналу (нормальный режим) - выводятся значения параметров, связанные только с текущим каналом измерения, в предварительно настроенном формате.

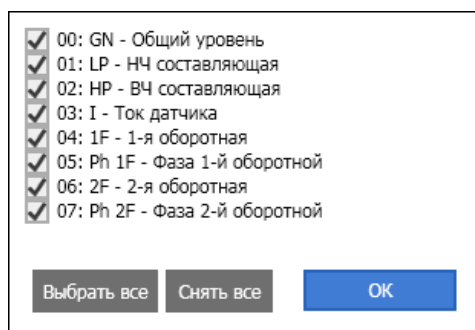
На рисунке 2 показан пример настройки индикации модуля МК32-DC-20-R2 в ПО ModuleConfigurator.

Параметр	Значение	Адрес
Разрешение отображения данных на ЖКИ	<input checked="" type="checkbox"/>	0x3400
Страница гистограммы, отображаемая первой	GN - Общий уровень	0x3414
Отображаемые страницы гистограмм	GN; LP; HP; I; 1F; Ph1F; 2F; Ph2F;	0x3416
<b>Позиция вывода на ЖКИ №1</b>		
Поз.1 Номер канала измерения	канал 1	0x3404
Поз.1 Вид канала измерения	реальный	0x3404
Поз.1 Формат отображения данных	##.##	0x340C
Поз.1 Вывод данных в нормальном режиме	GN; LP; HP; 1F; Ph1F; 2F; Ph2F; S1F_05F; SPh1F_Gap; I; Freq; Jump; Serr;	0x341C
<b>Позиция вывода на ЖКИ №2</b>		
Поз.2 Номер канала измерения	канал 2	0x3406
Поз.2 Вид канала измерения	реальный	0x3406
Поз.2 Формат отображения данных	##.##	0x340E
Поз.2 Вывод данных в нормальном режиме	GN; LP; HP; 1F; Ph1F; 2F; Ph2F; S1F_05F; SPh1F_Gap; I; Freq; Jump; Serr;	0x341E
<b>Позиция вывода на ЖКИ №3</b>		
Поз.3 Номер канала измерения	канал 3	0x3408
Поз.3 Вид канала измерения	реальный	0x3408
Поз.3 Формат отображения данных	##.##	0x3410
Поз.3 Вывод данных в нормальном режиме	GN; LP; HP; 1F; Ph1F; 2F; Ph2F; S1F_05F; SPh1F_Gap; I; Freq; Jump; Serr;	0x3420
<b>Позиция вывода на ЖКИ №4</b>		
Поз.4 Номер канала измерения	канал 4	0x340A
Поз.4 Вид канала измерения	реальный	0x340A
Поз.4 Формат отображения данных	##.##	0x3412
Поз.4 Вывод данных в нормальном режиме	GN; LP; HP; 1F; Ph1F; 2F; Ph2F; S1F_05F; SPh1F_Gap; I; Freq; Jump; Serr;	0x3422

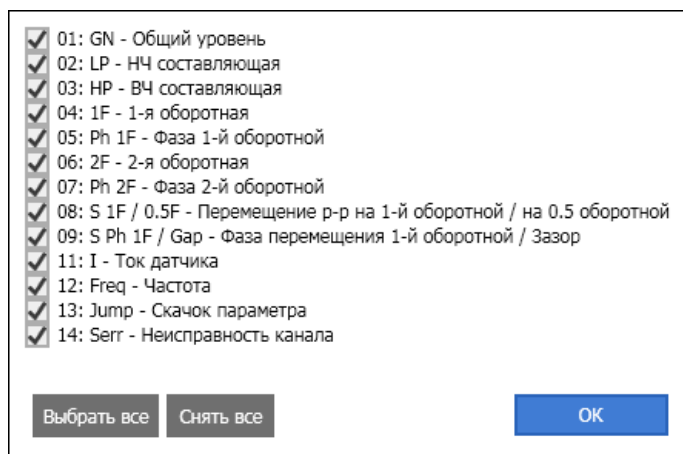
Рисунок 2 - Пример настройки индикации модуля МК32-DC-20-R2 в ПО ModuleConfigurator

Настройка индикации модуля МК32-DC-32-R2 включает в себя следующие параметры:

- разрешение индикации данных на ЖКИ;
- ассоциация каналов измерения с позициями вывода на ЖКИ:
  - номер канала измерения;
  - тип канала измерения (реальный, виртуальный);
- страницы гистограммы, отображаемые на ЖКИ (рисунок 3 а);
- страница гистограммы, отображаемая первой при переходе в режим «Гистограммы»;
- формат отображения измеряемого параметра (таблица 14) для каждой позиции вывода индивидуально;
- перечень отображаемых параметров в режиме «Информация по каналу» (рисунок 3 б), для каждой позиции вывода индивидуально.



а) отображаемые гистограммы



б) отображаемые данные в нормальном режиме

Рисунок 3 - Пример настройки отображаемых данных на ЖКИ модуля МК32 в ПО ModuleConfigurator

Если ни одна из гистограмм не указана для отображения, то режим «Гистограммы» на ЖКИ не включается.

Таблица 14 - Форматы 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

При попытке вывести значение, выходящее за границы допустимых значений для данного формата, на ЖКИ будет отображено граничного значение.

На рисунке 4 показан пример вывода данных на ЖКИ в виде гистограммы.

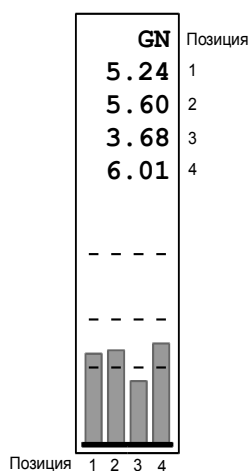


Рисунок 4 - Пример вывода данных на ЖКИ в виде гистограммы

В верхней строке ЖКИ отображается название гистограммы, а под названием, начиная с 1-й позиции, выводятся числовые значения параметров ассоциированного канала измерения. Если для выводимого параметра предусмотрены уставки, то они отображаются в виде черточек.

При переходе в режим отображения «гистограммы» на ЖКИ первой отображается гистограмма, указанная в настройках индикации модуля МК32. Нажимая на кнопку '**Sel**' на ЖКИ последовательно циклически отображаются все зарегистрированные гистограммы.

Пример отображения данных в виде гистограммы показан на рисунке 4.

В режиме индикации «Информация по каналу» на ЖКИ выводятся значения параметров, связанные только с текущим каналом измерения, в предварительно настроенном формате.

В верхней строке ЖКИ отображается номер позиции вывода. Остальные 14 строк отображают информацию по выбранному каналу измерения в соответствии с типом измеряемой величины.

Пример отображения данных в виде информации по каналу показан на рисунке 5.

<b>ch 1</b>	Позиция	<b>ch 2</b>	Позиция
<b>5.24</b>	Общий уровень VRMS	<b>160</b>	Общий уровень SPP
<b>0.30</b>	НЧ составляющая VRMS	<b>5</b>	НЧ составляющая SPP
<b>0.45</b>	ВЧ составляющая VRMS	<b>12</b>	ВЧ составляющая SPP
<b>4.81</b>	1-я оборотная VRMS	<b>153</b>	1-я оборотная SPP
<b>110</b>	Фаза 1-й оборотной VRMS	<b>20</b>	Фаза 1-й оборотной SPP
<b>0.12</b>	2-я оборотная VRMS	<b>10</b>	2-я оборотная SPP
<b>0</b>	Фаза 2-й оборотной VRMS	<b>0</b>	Фаза 2-й оборотной SPP
<b>0.043</b>	1-я оборотная SPP	<b>15</b>	1/2-я оборотная SPP
<b>200</b>	Фаза 1-й оборотной SPP	<b>1030</b>	Зазор
<b>2.98</b>	Ток датчика, мА	<b>12.24</b>	Ток датчика, мА
<b>3000</b>	Частота вращения ротора, об/мин	<b>3000</b>	Частота вращения ротора, об/мин
<b>Jump</b>	Флаг «скачка» параметра		

а) СКЗ абсолютной виброскорости

б) размах относительного виброперемещения

Рисунок 5 - Пример вывода данных на ЖКИ в информации по каналу

## 4 Работа модуля

### 4.1 Включение питания

По включению питания параметры работы модуля МК32 загружаются из энергонезависимой памяти. Параметры работы разделены на секции:

- параметры каналов измерения;
- системные параметры;
- 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 контрольной 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 основной секции 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-R2 – светодиод **'Ok'** мигает желтым цветом, показывая, что идет стартовая инициализация модуля;
- МК32-DC-20-R2 (-LF3; -LF4; -MF3; -M-RAM-PO) - светодиод **'Ok'** светится желтым цветом, на индикаторе отображается серийный номер модуля, затем, год выпуска модуля и проводится стартовая инициализация МК32.

Допускается, «горячая» замена модуля МК32 в секции стойки без выключения питания.

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

### 4.2 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.**

Сброс модуля можно выполнять только после отображения идентификационной информации (номер модуля, год выпуска) и завершения цикла инициализации модуля МК32.

#### 4.2.1 «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 двцветный светодиод **'Ok'** включится желтым цветом, а светодиод **'War'** продолжит мигать. После вывода результатов самодиагностики ожидается подтверждение «Холодного старта» модуля (рисунок 6).

Если обнаружена ошибка энергонезависимой памяти или запись в память заблокирована перемычкой на плате модуля, то переход в режим «Холодный старт» не происходит.

Во время 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.

На рисунках 6, 7 показаны ожидание подтверждения «Холодного старта» и процесс записи в энергонезависимую память настроек по умолчанию соответственно.



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.

#### **МК32-DC-R2**

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

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

#### **МК32-DC-20-R2 (-LF3; -LF4; -MF3; -M-RAM-PO)**

- Во время записи 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).

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

### **4.3 Системные параметры модуля МК32**

Системные параметры оказывают влияние на все измерительные каналы модуля МК32. В состав системных параметров входят:

- время блокировки логических выходов;
- источник синхронизации вычисления оборотных составляющих;
- частота дискретизации АЦП (аналого-цифрового преобразователя);
- наличие дополнительного АЦП, повышенной разрядности;
- тип ЦАП (цифро-аналогового преобразователя) для унифицированных токовых выходов;
- диапазон частот вращения ротора для проведения исследования контрольной поверхности.

На рисунке 8 показан пример настройки времени блокировки логических выходов и типа ЦАП в ПО ModuleConfigurator.



Параметр	Значение	Адрес
Время блокировки логических выходов после сброса модуля, сек	8	0x0C00
Время блокировки уставок после нормализации работы канала, сек	8	0x0C02
Тип ЦАП унифицированных токовых выходов	Один 4-х канальный ЦАП AD7398, установленный	0x0C14

Рисунок 8 - Пример настройки времени блокировки логических выходов и типа ЦАП в ПО ModuleConfigurator

Выбор типа ЦАП унифицированных токовых выходов (параметр `DacExternalType`) зависит от варианта исполнения модуля контроля МК32 (реализовано в ПО модуля МК32 версии 1.80):

- МК32-DC-20-R2 (-LF3; -LF4; -MF3) – Один 4-х канальный ЦАП AD7398, установленный на плате модуля
- МК32-DC-20-R2-M-RAM-PO – Четыре одноканальных ЦАП DAC7611, установленных на дополнительной плате (гальванически изолированные токовые выходы)

Вариант исполнения модуля контроля МК32 без унифицированных токовых выходов изготавливается по отдельному заказу.

Описание параметра «Время блокировки логических выходов после сброса модуля» представлено в разделе 4.11.3

Описание параметра «Время блокировки уставок после нормализации работы канала» представлено в разделе 4.5.1

#### 4.3.1 Параметры дискретизации выборок АЦП

В разделе «Параметры дискретизации выборок» доступна настройка следующих параметров:

- Выбор источника синхронизации оборотных составляющих (`SynchronizationMode`):
  - импульсы синхронизации на модуль контроля не подаются;
  - только 1-й канал синхронизации;
  - только 2-й канал синхронизации;
  - 1-й канала синхронизации основной, 2-й – резервный.

На рисунке 9 показан пример настройки параметров дискретизации выборок АЦП в ПО ModuleConfigurator.

Параметр	Значение	Адрес
Синхронизация вычисления оборотных составляющих	1-й кан. основн., 2-й резервн.	0x0C04
Частота дискретизации выборок АЦП	4096 Гц (спектральное разрешение 1,0 Гц)	0x0C06
Тип доступного внешнего АЦП	Только внутренне АЦП (разрядность 12 бит)	0x0C10
Разделять вычисления 1, 2 и 3, 4 каналов в отдельных циклах...	<input type="checkbox"/>	0x0C12

Рисунок 9 - Пример настройки параметров дискретизации выборок АЦП в ПО ModuleConfigurator

- Частота дискретизации выборок АЦП (`AdcSamplesDivider`):
  - (0 – 4096) Гц (спектральное разрешение 1,0 Гц);
  - (1 – 2048) Гц (спектральное разрешение 0,50 Гц);
  - (2 – 1024) Гц (спектральное разрешение 0,25 Гц).
- Тип доступного внешнего АЦП (`AdcExternalType`) зависит от варианта исполнения модуля контроля МК32:
  - МК32-DC-20-R2 (M-RAM-PO) – Только внутренний АЦП (разрядность 12 бит);
  - МК32-DC-20-R2-LF3 (-LF4; -MF3) – Дополнительная плата с АЦП AD7988 (разрядность 16 бит).

Разделение вычисления 1, 2 и 3, 4 каналов в отдельных циклах может потребоваться при применении 64-разрядной математики БПФ и обратного БПФ 11-го порядка. При разделении вычислений по циклам период обновления результатов по каналам измерения увеличивается до 1 секунды.

#### 4.3.2 Исследование формы контрольной поверхности

При работе каналов измерения в режиме относительного виброперемещения с компенсацией неровностей контрольной поверхности при вычислении оборотных составляющих вибрационного сигнала необходимо указать диапазон частот вращения ротора, в котором будет проводиться исследования.

На рисунке 10 показан пример настройки диапазона частот исследования контрольной поверхности в ПО ModuleConfigurator.

Параметр	Значение	Адрес
Нижнее значение диапазона частоты проведения исследования, об/мин	100	0x0C08
Верхнее значение диапазона частоты проведения исследования, об/мин	300	0x0C0C

Рисунок 10 - Пример настройки диапазона частот исследования контрольной поверхности в ПО ModuleConfigurator

Описание функции компенсации неровности контрольной поверхности при вычислении оборотных составляющих представлено в разделе 4.8.7.1. 4.8.7.1

### 4.3.3 Контроль принятых системных настроек в модуле МК32

В модуле контроля МК32 предусмотрена возможность проверки принятых системных настроек: частота дискретизации выборок АЦП, тип доступного внешнего АЦП, тип внешнего ЦАП унифицированных токовых выходов, вычислительная загруженность процессора, счетчик циклов АЦП (контроль выполнения измерений).

Системные настройки модуля МК32 вступают в силу после перезагрузки модуля.

На рисунке 11 показан пример проверки принятых системных настроек модуля МК32 в ПО ModuleConfigurator.

Параметр	Значение	Адрес
01. Загруженность процессора, %	39,8	0x00F4
02. Частота дискретизации выборок АЦП	1024 Гц (спектральное разрешение 0,25 Гц)	0x00F8
03. Тип доступного внешнего АЦП	Дополнительная плата с АЦП AD7988 (разрядность 16 бит)	0x00FA
04. Счетчик основного цикла АЦП	79	0x00FC

Рисунок 11 - Пример проверки принятых системных настроек модуля МК32 в ПО ModuleConfigurator

По флагам статуса модуля контроля возможно определить состояние модуля и причины блокировки его работы (регистр DeviceStatus).

На рисунке 12 показан пример проверки флагов статуса модуля МК32 в ПО ModuleConfigurator.

Параметр	Значение	Адрес
Ошибка EEPROM	<input type="checkbox"/>	0x00E0
Ошибка ОЗУ	<input type="checkbox"/>	0x00E0
Ошибка АЦП	<input type="checkbox"/>	0x00E0
Ошибка загрузки данных	<input type="checkbox"/>	0x00E0
Загрузка данных из резервной секции	<input type="checkbox"/>	0x00E0
Защита записи EEPROM	<input type="checkbox"/>	0x00E0
Ошибка идентификационной информации модуля	<input type="checkbox"/>	0x00E0
Ошибка формулы логических выходов	<input type="checkbox"/>	0x00E0
Интерфейс RS485 №2 выключен	<input checked="" type="checkbox"/>	0x00E0
Все каналы измерения выключены	<input type="checkbox"/>	0x00E0
Интерфейс RS485 №1 выключен	<input type="checkbox"/>	0x00E0
Интерфейс CAN выключен	<input checked="" type="checkbox"/>	0x00E0
Блокировка логических выходов по старту модуля	<input type="checkbox"/>	0x00E0
Блокировка логических выходов пользователем	<input type="checkbox"/>	0x00E0
Допуск на одиночную запись	<input type="checkbox"/>	0x00E0
Допуск на одиночную запись интерфейса RS485 №2	<input type="checkbox"/>	0x00E0

Рисунок 12 - Пример проверки флагов статуса модуля МК32 в ПО ModuleConfigurator

#### 4.4 Основные параметры канала измерения

Для каждого канала измерения должны быть настроены основные параметры:

- разрешение работы канала (`Enabled`);
- режим работы канала `ModeWork` (основной измеряемый параметр):
  - постоянный сигнал;
  - частота вращения ротора;
  - СКЗ сигнала;
  - размах сигнала;
  - размах сигнала (интегрирование виброскорости);
- глубина усреднения основного измеряемого параметра;
- значение диапазона параметра по переменному току (информационно);
- единицы измерения (8 символов), информационно;
- описание канала (16 символов), информационно;
- учитывать коэффициент передачи датчика (`UseCoeffOfSensor`);
- фактический коэффициент передачи датчика (`ActualCoeffOfSensor`).

Для работы канала измерения в нужном режиме необходимо настроить параметры `Enabled` и `ModeWork`. Если канал выключен, то по данному каналу измерения не производятся какие-либо вычисления, значения всех регистров результатов измерения принимаются равными нулю. Изменения разрешения работы канала измерения и его режим вступают в силу после переинициализации канала измерения (перезагрузки модуля).

При измерении параметров, представленных сигналами переменного тока, предусмотрена возможность упрощенной настройки канала измерения на фактически присоединенный датчик.

Если разрешено учитывать коэффициент передачи датчика, то значения вычисленных параметров, представленных сигналами переменного тока, умножаются на масштабирующий коэффициент (`CoeffOfSensor`) отношения фактического коэффициента передачи датчика (`ActualCoeffOfSensor`) и номинального коэффициента передачи датчика (`NominalCoeffOfSensor`).

На рисунке 13 показан пример настройки основных параметров канала измерения №1 в ПО `ModuleConfigurator`.

Параметр	Значение	Адрес
Разрешение работы канала	<input checked="" type="checkbox"/>	0x0800
Режим работы канала	СКЗ сигнала ▼	0x0802
Глубина усреднения основного измеряемого параметра	0 - Нет усреднения ▼	0x08A4
Значение диапазона параметра по переменному току	15	0x0820
Единицы измерения	мм/с	0x0898
Описание канала	Верт.	0x0888
Учитывать коэффициент передачи датчика	<input type="checkbox"/>	0x08A6
Фактический коэффициент передачи датчика	0	0x08AC

Рисунок 13 - Пример настройки основных параметров канала измерения №1 в ПО `ModuleConfigurator`

## 4.5 Измерение постоянного 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 (устанавливается с помощью перемычки):

- диапазон тока (0(4) - 20) мА – резистор 140 Ом;
- диапазон тока (0(1) - 5) мА – резистор 560 Ом;
- диапазон напряжения (0 - 3) В.

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

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

Входной сигнал (напряжение) проходит через ФНЧ (Баттерворта, 8-го порядка) и поступает на вход 12-разрядного АЦП, встроенного в микроконтроллер. За 4096 выборок значений АЦП по каждому каналу измерения вычисляется среднее значение АЦП, которое 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:

$$I_{DC} = A_1 + B_1 \cdot \text{АЦП}_{\text{СР}};$$

Где:

$I_{DC}$  – вычисленное значение тока датчика;

$\text{АЦП}_{\text{СР}}$  – усредненное значение АЦП;

$A_1, B_1$  – коэффициенты линейного уравнения для вычисления тока датчика.

Значение тока датчика  $I_{DC}$  может быть выведено на индикатор, используется в алгоритме теста датчика и для вычисления значения измеряемого параметра.

Коэффициенты  $A_1, B_1$  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.

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  $A_1, B_1$  не вычисляются и принимаются равными нулю (ток датчика  $I_{DC}$  всегда равен нулю).

На рисунке 14 показан пример калибровки канала №1 по постоянному току в ПО ModuleConfigurator.

Параметр	Значение	Адрес
Нижний значение диапазона тока датчика, мА	1,00	0x0400
Верхнее значение диапазона тока датчика, мА	5,00	0x0404
Нижнее калибровочное значение АЦП	829	0x043C
Верхнее калибровочное значение АЦП	3970	0x0440

Рисунок 14 - Пример калибровки канала №1 по постоянному току в ПО ModuleConfigurator

### 4.5.1 Тест исправности датчика

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

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

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

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

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

Не рекомендуется устанавливать значение гистерезиса теста тока датчика ( $\text{CurrentCheckHist}$ ) 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 15 показан пример работы алгоритма теста датчика при снижении постоянного тока датчика ниже допустимого уровня. Допустимые уровни тока датчика равны 0,9 мА и 5,1 мА соответственно, гистерезис 0,1 мА.

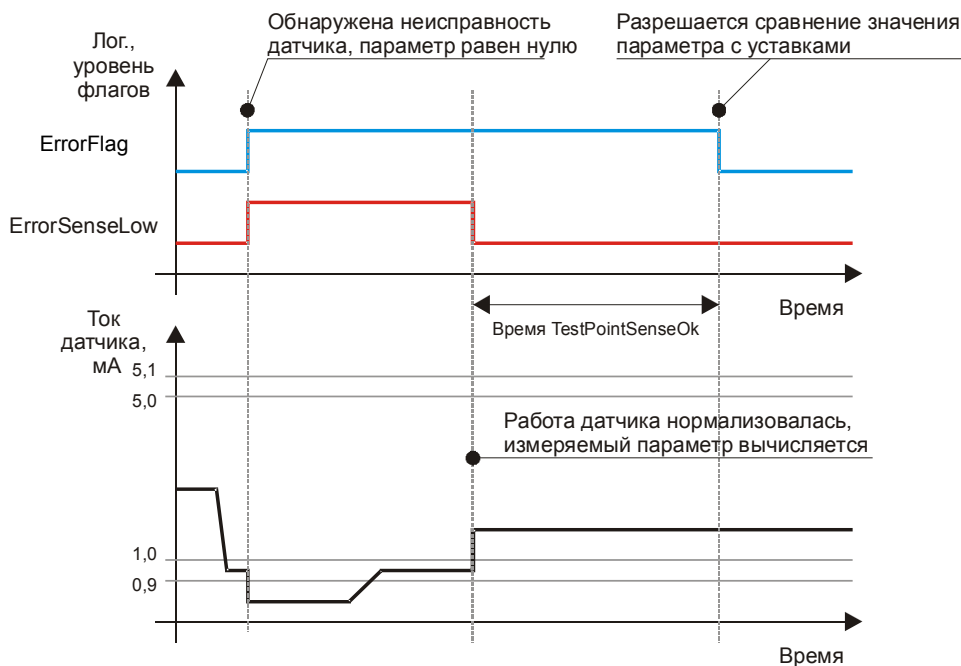


Рисунок 15 - Работа алгоритма теста датчика при снижении постоянного тока датчика ниже допустимого уровня

После включения питания (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`.

На рисунке 16 показан пример настройки исправности датчика канала №1 абсолютной виброскорости в ПО `ModuleConfigurator`.

Параметр	Значение	Адрес
Контролировать нижний предел тока датчика	<input checked="" type="checkbox"/>	0x0804
Нижнее допустимое значение тока датчика, мА	2,00	0x0808
Контролировать верхний предел тока датчика	<input checked="" type="checkbox"/>	0x0806
Верхнее допустимое значение тока датчика, мА	4,00	0x080C
Гистерезис тока датчика, мА	0,10	0x0810

Рисунок 16 - Пример настройки исправности датчика канала №1 абсолютной виброскорости в ПО `ModuleConfigurator`

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

Значение параметра вычисляется из значения измеренного тока датчика, если выбран режим работы канала измерения «Постоянный сигнал» или значение параметра «Вычислять постоянную составляющую» *ConstValueCalculation* не нулевое. Вычисление параметров по постоянному току для переменных сигналов может быть необходимо, например, для канала измерения относительного виброперемещения, когда необходимо вычислять статический зазор между датчиком и контрольной поверхностью.

Вычисление значения измеряемого параметра осуществляется по формуле линейного уравнения:

$$P_{DC} = A_P + B_P \cdot I_{DC}$$

Где:

$P_{DC}$  – вычисленное значение измеряемого параметра;

$I_{DC}$  – 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  $P_{DC}$  является основным измеряемым параметром. Вычисленное значение параметра по постоянному току может:

- сравниваться с уставками;
- отображаться на ЖКИ;
- передаваться на унифицированный токовый выход.

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*).

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  $P_{DC}$  всегда равно нулю).

На рисунке 17 показан пример настройки измерения зазора канала №1 при измерении относительного виброперемещения в ПО *ModuleConfigurator*.

Параметр	Значение	Адрес
<b>Вычислять постоянную составляющую</b>	<input checked="" type="checkbox"/>	0x0814
<b>Нижнее значение диапазона параметра по постоянному току</b>	0	0x0818
<b>Верхнее значение диапазона параметра по постоянному току</b>	2000	0x081C

Рисунок 17 - Пример настройки измерения зазора канала №1 при измерении относительного виброперемещения в ПО *ModuleConfigurator*



#### 4.7 Измерение частоты вращения ротора

В модуле МК32 предусмотрено два канала измерения частоты вращения ротора, на которые должны подаваться тахометрические импульсы от датчика оборотов ротора. Тахометрические импульсы могут подаваться на:

- входы синхронизации – при повторении тахометрических импульсов от других модулей контроля;
- входы каналов измерения 1, 2 – при непосредственном подключении датчиков к модулю МК32.

Выбор источника синхронизации осуществляется с помощью переключателей на плате модуля контроля МК32. Входы синхронизации имеют подтягивающие резисторы 1 кОм (устанавливается переключателем) к источнику напряжения +3,3 В. Источником сигнала для входов синхронизации могут быть выходы типа «открытый коллектор».

При необходимости работы с токовыми сигналами (непосредственное подключение датчиков) 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 измерения частоты выполняет следующие основные операции:

- вычисляет ток датчика и контролирует исправность датчика (только при подключении к измерительным входам);
- 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;
- детектирует отсутствие импульсов синхронизации (режим «СТОП»);
- синхронизирует измерение оборотных составляющих.

При работе канала измерения в режиме «Измерение частоты вращения ротора» измерения 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.

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

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.

Минимальная измеряемая частота вращения ротора задается параметром `MinFrequencyRPM` (не менее 0,9 об/мин). Если частота вращения ротора меньше установленного значения, считается, что импульсы синхронизации отсутствуют (ротор остановлен).

На рисунке 18 показан пример настройки канала измерения частоты вращения №1 в ПО `ModuleConfigurator`

Параметр	Значение	Адрес
Разрешение измерения частоты	<input checked="" type="checkbox"/>	0x0D00
Число импульсов на оборот ротора	1	0x0D02
Минимальная измеряемая частота, Гц	3	0x0D08
Угол установки датчика оборотов ротора, гр	0	0x0D0C
<b>Контроль стабилизации частоты</b>		
Разрешение контроля стабилизации частоты	<input checked="" type="checkbox"/>	0x0D10
Время стабилизации частоты, сек	5	0x0D12
Максимальное отклонение частоты, Гц	10	0x0D14
<b>Импульсы синхронизации</b>		
Активный фронт входных импульсов	Передний	0x0D04
Повторять импульсы синхронизации	не повторять	0x0D06

Рисунок 18 - Пример настройки канала измерения частоты вращения №1 в ПО `ModuleConfigurator`

Полярность активного фронта входных импульсов и повторяемых импульсов синхронизации определяется программно (*ActiveFront*, *GeneratePulses*). Импульсы синхронизации генерируются только при разрешении в настройках модуля (параметр *GeneratePulses* не равен нулю). Импульсы синхронизации генерируются (при разрешении в настройках модуля), даже если обнаружена неисправность датчика. Графики импульсов синхронизации представлены на рисунке 19.

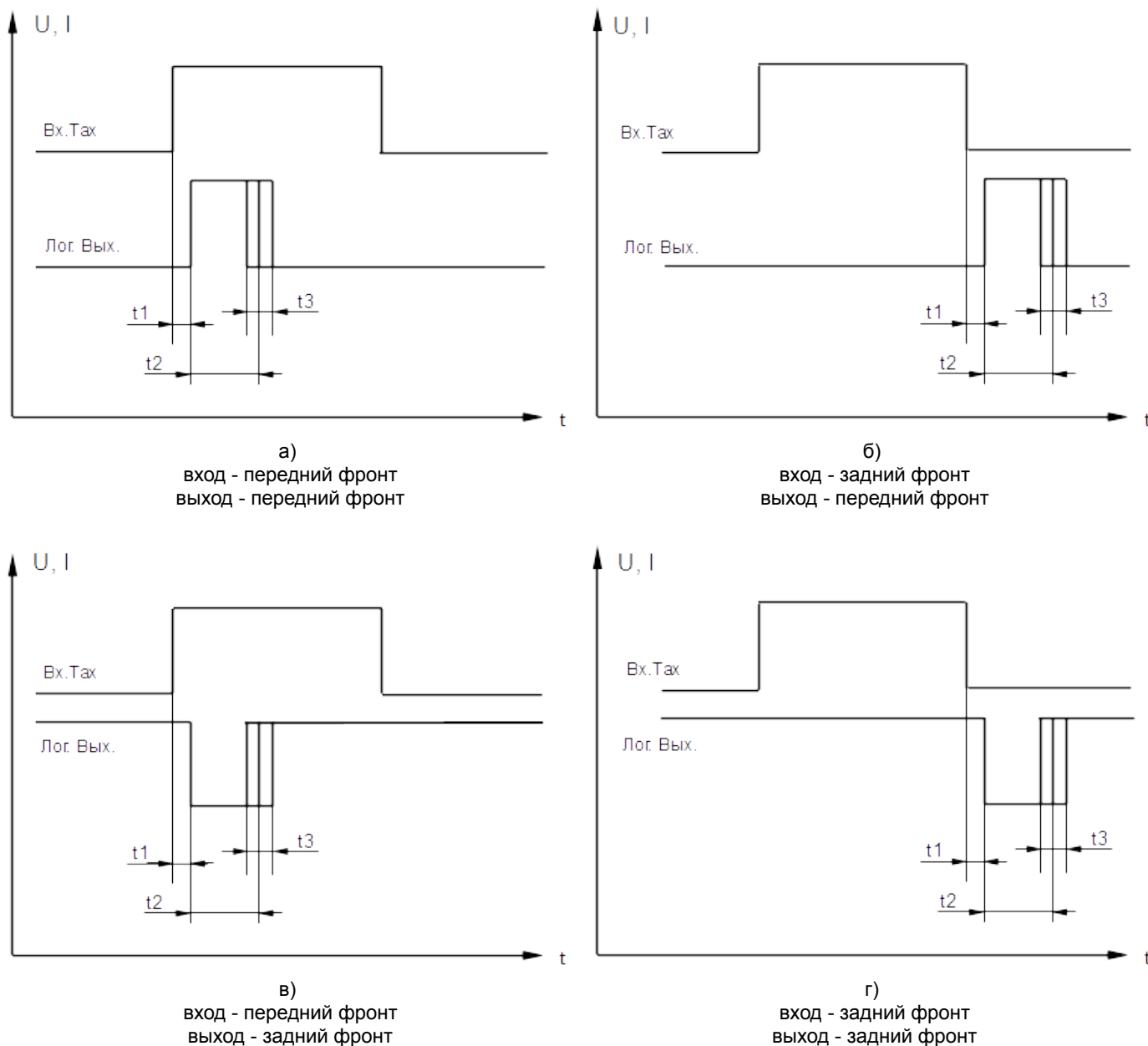


Рисунок 19 - Полярность входных и выходных импульсов синхронизации в зависимости от настройки активных фронтов импульсов

На рисунке 19 временные параметры соответствуют:

- $t_1$  – фиксированная по времени задержка 40 мкс, что соответствует  $0,72^\circ$  на частоте вращения 3000 об/мин;
- $t_2$  – средняя длительность сигнала выходного импульса 870 мкс (на логическом выходе);
- $t_3$  – «Джиттер» (или дрейф) длительности выходного импульса 250 мкс.

Выходной сигнал синхронизации модуля МК32 имеет не фиксированную длительность, но при этом он имеет фиксированную временную привязку (в соответствии с настройкой) по «переднему» либо «заднему» фронту относительно входного сигнала.

Контроль стабильности частоты вращения предназначен для детектировании стационарного состояния контролируемого агрегата. Частота вращения ротора считается стационарной, если за время стабилизации частоты (*StableTimeOut*) частота не изменялась более чем на установленное максимальное отклонение частоты (*StableFrequencyDelta*). Если частота вращения ротора не стабильная, устанавливается флаг (*NoFrequencyStable*).



### 4.8 Измерение параметров, представленных сигналами переменного тока

Измерение физических сигналов, представленных сигналами переменного тока осуществляется на основе спектрального анализа входного сигнала.

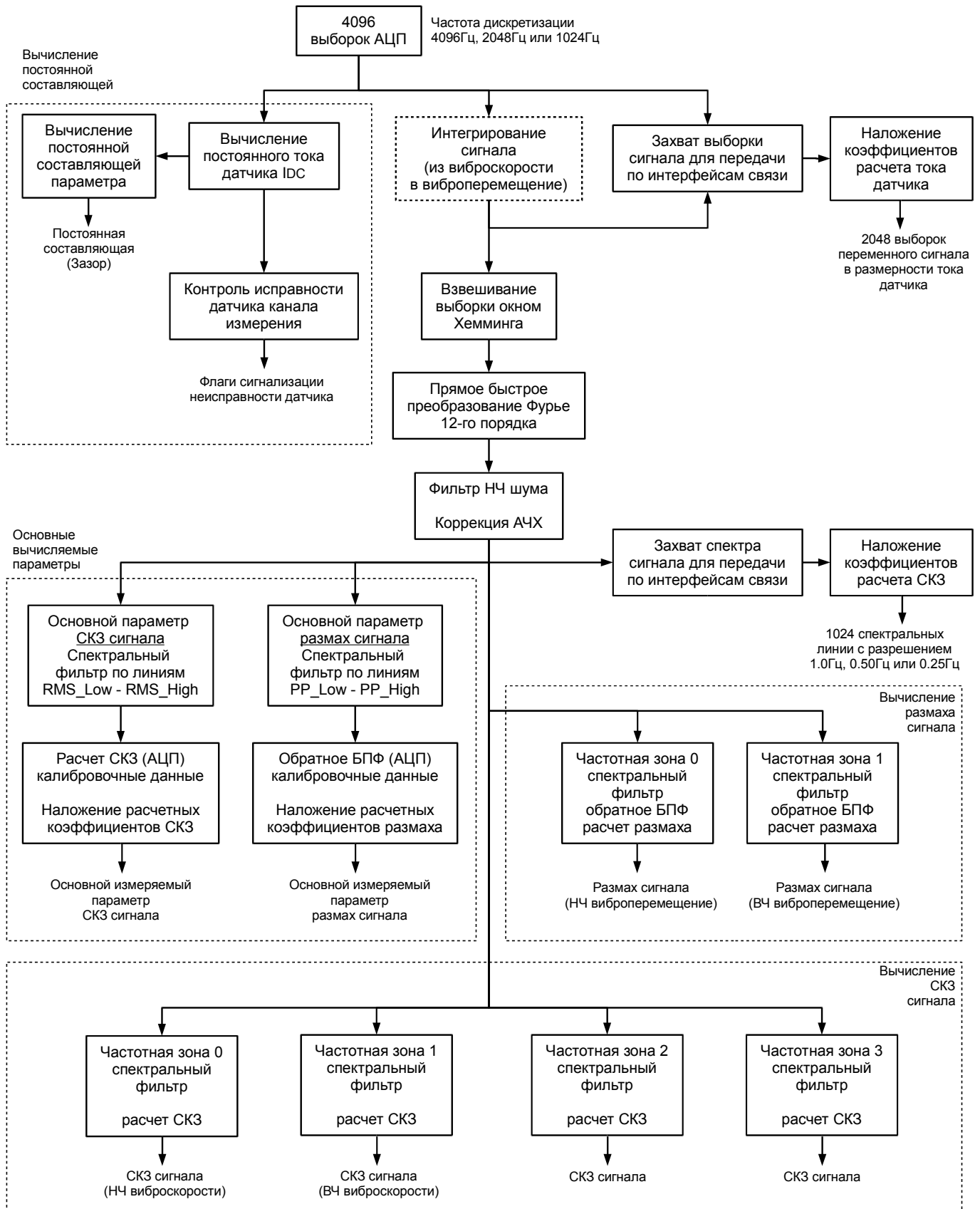


Рисунок 20 - Структурная схема вычислений сигналов переменного тока по одному каналу модуля МК32

Обработка входного сигнала осуществляется двумя независимыми алгоритмами:

- вычисление общего уровня СКЗ виброскорости, размаха виброперемещения (независимо от наличия импульсов синхронизации вращения ротора);
- вычисление оборотных составляющих (требуются импульсы синхронизации вращения ротора).

Частота дискретизации АЦП (для параметров независимых от частоты вращения ротора) устанавливается в системных настройках модуля и распространяется на все каналы измерения модуля:

- 4096 Гц – спектральное разрешение 1,00 Гц (частотный диапазон измеряемого сигнала от 1 Гц до 1500 Гц);
- 2048 Гц – спектральное разрешение 0,50 Гц (частотный диапазон измеряемого сигнала от 0,50 Гц до 750 Гц);
- 1024 Гц – спектральное разрешение 0,25 Гц (частотный диапазон измеряемого сигнала от 0,50 Гц до 325 Гц);

Для получения спектра сигнала по каждому каналу измерения выборка сигнала длиной 4096 значений проходит следующую обработку:

- интегрирование сигнала виброскорости в виброперемещение, только для режима канала измерения «Размах сигнала (интегрирование виброскорости)»;
- взвешивание выборки окном Хемминга;
- быстрое преобразование Фурье 12-го порядка (для измерения НЧ абсолютного виброперемещения может применяться 64-разрядный режим целочисленной математике);
- удаление НЧ шума (применяется для измерения НЧ абсолютного виброперемещения);
- коррекция АЧХ.

Полученный спектр используется для:

- передачи спектра по цифровым интерфейсам связи;
- расчета СКЗ виброскорости;
- расчета размаха виброперемещения.

#### 4.8.1 Основные вычисляемые параметры

Вычисление основных параметров осуществляется независимо от установленного режима работы канала измерения с целью возможности проведения калибровки канала. Частотный диапазон основных вычисляемых параметров определяется номерами нижней и верхней спектральной линии при калибровке модуля. Виды основных параметров и их спектральные диапазоны представлены в таблице 15.

Таблица 15 - Виды основных измеряемых параметров и их характеристики

Вид измерения	Параметры частотного диапазона	Допустимые пределы	Значение по умолчанию	Влияние калибровочных коэффициентов
СКЗ сигнала	LineRMS_Low	не менее 2	8	Захват спектра сигнала Частотные зоны 0 - 3 в режиме СКЗ
	LineRMS_High	не более 2047	1003	
Размах сигнала	LinePP_Low	не менее 2	4	Частотные зоны 0 - 1 в режиме размаха
	LinePP_High	ОБПФ 10-го порядка не более 511  ОБПФ 11-го порядка не более 1023	503	

Номера спектральных линий для основных вычисляемых параметров должны учитывать установленное спектральное разрешение и требуемые частотные диапазоны измеряемой величины вибрации.

СКЗ сигнала рассчитывается как корень квадратный из суммы квадратов энергии спектральных линий, входящих в частотный диапазон измеряемого параметра. Первичный результат СКЗ сигнала рассчитывается в размерности АЦП, доступной для считывания по интерфейсам связи с целью проведения калибровки канала измерения. Для получения значения СКЗ в размерности измеряемой физической величины на значение СКЗ в размерности АЦП накладываются калибровочные коэффициенты.

Размах сигнала определяется как разница между максимальным и минимальным значением выборки восстановленного сигнала (размерность АЦП). Восстановление сигнала из спектра осуществляется методом обратного быстрого преобразования Фурье (10 или 11-го порядка) предварительно проведя фильтрацию спектра в соответствии с частотным диапазоном измерения физического параметра. Для получения значения размаха в размерности измеряемой физической величины на значение размаха в размерности АЦП накладываются калибровочные коэффициенты.

На рисунке 21 показан пример значений АЦП основных измеряемых параметров канала №1 в ПО ModuleConfigurator.

Параметр	Значение	Адрес
Значение АЦП по постоянному току	2377	0x0300
<b>Основные измеряемые параметры</b>		
Значение АЦП СКЗ переменного тока	254,5388	0x0304
Значение АЦП размаха переменного тока	796	0x0308
Значение АЦП СКЗ/Размах оборотной составляющей	203,0123	0x031C
<b>По частотным зонам</b>		
Значение АЦП частотной зоны 0	0	0x030C
Значение АЦП частотной зоны 1	0	0x0310
Значение АЦП частотной зоны 2	0	0x0314
Значение АЦП частотной зоны 3	0	0x0318

Рисунок 21 - Пример значений АЦП основных измеряемых параметров канала №1 в ПО ModuleConfigurator

#### 4.8.2 Калибровочные коэффициенты сигналов переменного тока

В модуле МК32 предусмотрено по четыре группы калибровочных данных для каждого канала измерения:

- СКЗ переменного сигнала;
- СКЗ переменного сигнала, оборотные составляющие;
- размах переменного сигнала;
- размах переменного сигнала, оборотные составляющие.

Необходимость определения калибровочных данных конкретного типа зависит от режима работы канала измерения, типа измеряемой физической величины и конфигурации автоматизированной системы контроля вибрации.

Определение калибровочных данных (калибровка) заключается в получении соответствия значений АЦП уровню реального физического сигнала на 100 %, 20 % и 5 % диапазона измерения. Допускается не проводить калибровку на уровне 5 % диапазона измерения, при этом возможно ухудшение точности измерений на малых уровнях сигнала.

На рисунке 22 показана передаточная характеристика вычисления значения параметра из размерности АЦП

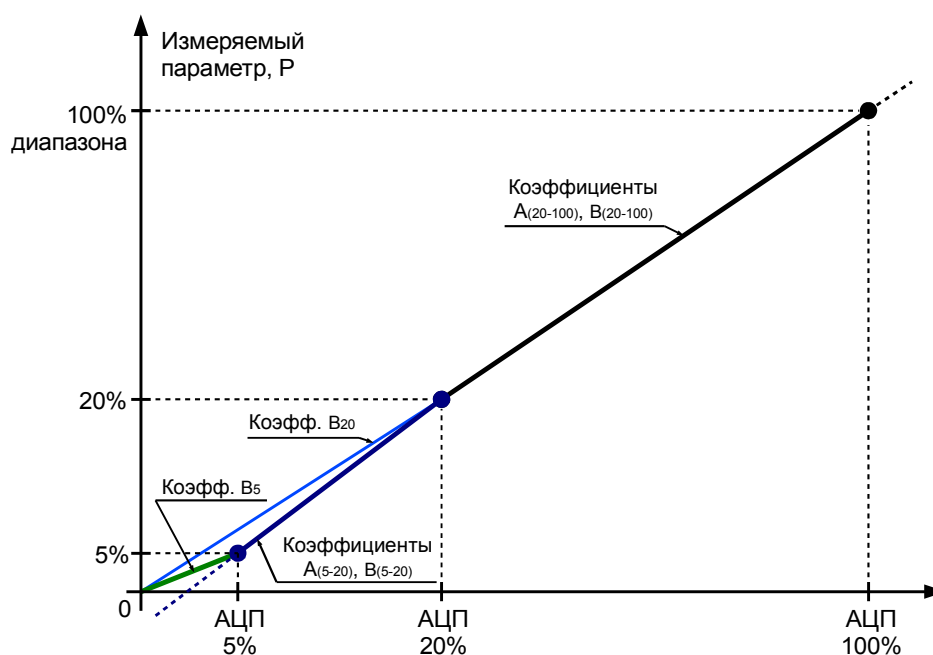


Рисунок 22 - Передаточная характеристика вычисления значения параметра из размерности АЦП

Расчет значение параметра, в общем случае, выполняется по формуле:

$$P_{AC} = A + B \cdot AC_{P_{AC}}$$

Где:

$P_{AC}$  – вычисленное значение измеряемого параметра;

$AC_{P_{AC}}$  – значение параметра в размерности АЦП;

A, B – коэффициенты линейного уравнения для вычисления значения измеряемого параметра.

При инициализации канала измерения происходит определение группы расчетных коэффициентов вычисления переменных сигналов, разделяя вес диапазон измерения на сегменты. В таблице 16 представлен порядок выбора расчетных коэффициентов по приоритетам (наивысший приоритет - 1).

Таблица 16 - Приоритеты выбора расчетных коэффициентов

Приоритет	Группа коэффициентов	Диапазон измеряемого сигнала	Условия действия	Примечание
1	$A_{20-100}, B_{20-100}$	от 20 до 100%	1. Значение АЦП выше $AC_{P_{20}}$	а также выше 100%
2	$A_{5-20}, B_{5-20}$	от 5 до 20%	1. Наличие калибровки на уровне 5% 2. Значение АЦП выше $AC_{P_5}$	
3	$B_5$	от 0 до 5%	1. Наличие калибровки на уровне 5% 2. Значение АЦП равно или меньше $AC_{P_5}$	коэффициент $A_5$ равен нулю
4	$B_{20}$	от 0 до 20%	1. Значение АЦП равно или меньше $AC_{P_{20}}$	коэффициент $A_{20}$ равен нулю

При отсутствии калибровочных данных на уровне 5 % диапазона (значение  $AC_{P_5}$  равно нулю) коэффициенты  $A_{5-20}, B_{5-20}$ , и  $B_5$  не применяются.

С целью исключения ложной постоянной величины значения параметра при отсутствии полезного сигнала (малом уровне сигнала) в диапазонах измерения ((0-5)% (0-20)%) действуют только коэффициенты типа B.

На рисунке 23 показан пример данных калибровки основных вычисляемых параметров канала №1 в ПО ModuleConfigurator.

Параметр	Значение	Адрес
<b>01. СКЗ переменного сигнала</b>		
Номер нижней спектральной линии	9	0x0430
Номер верхней спектральной линии	1001	0x0432
Минимальный уровень энергии спектральной составляющей	100	0x0438
Значение АЦП. 5% диапазона измеряемого параметра	50,138	0x0444
Значение АЦП. 20% диапазона измеряемого параметра	208,0024	0x0448
Значение АЦП. 100% диапазона измеряемого параметра	1046,773	0x044C
<b>02. Размах переменного сигнала</b>		
Применять обратное БПФ 11-го порядка	<input type="checkbox"/>	0x0418
Номер нижней спектральной линии	4	0x0434
Номер верхней спектральной линии	501	0x0436
Значение АЦП. 5% диапазона измеряемого параметра	0	0x045C
Значение АЦП. 20% диапазона измеряемого параметра	0	0x0460
Значение АЦП. 100% диапазона измеряемого параметра	0	0x0464

Рисунок 23 - Пример данных калибровки основных вычисляемых параметров канала №1 в ПО ModuleConfigurator

### 4.8.3 Интегрирование первичной выборки сигнала

В случае необходимости интегрирования первичного сигнала (например, при преобразовании сигнала датчика виброскорости в виброперемещение) в вычислительном алгоритме модуля МК32 предусмотрен цифровой интегратор, индивидуально настраиваемый по каждому каналу измерения.

Для включения интегратора необходимо выбрать режим работы канала измерения «Размах сигнала (интегрирование виброскорости)».

На рисунке 24 показан пример настройки цифрового интегратора канала №1 в ПО ModuleConfigurator.

Параметр	Значение	Адрес
Рабочая частота вращения ротора контролируемого агрегата, Гц	150	0x0824
Источник захвата выборки сигнала	Режим 1 - Сигнал после интегратора	0x08A0
<b>Параметры интегратора</b>		
Коэффициент подавления сигнала интегрирования (от 0.10 до 5.00), %	0,50	0x08B4
Допустимый уровень шума относительно постоянной составляющей	20	0x08A2
Применять адаптивный режим работы интегратора	<input checked="" type="checkbox"/>	0x08B8

Рисунок 24 - Пример настройки цифрового интегратора канала №1 в ПО ModuleConfigurator

Для настройки интегратора необходимо указать следующие параметры:

- `IntegratorDampingFactor` – Коэффициент подавления сигнала интегрирования, позволяющий стабилизировать алгоритм интегратора, однако большие значения коэффициента подавляют НЧ составляющие сигнала;
- `IntegratorNoise` – Допустимый уровень шума относительно постоянной составляющей в размерности АЦП;
- `IntegratorUseAdaptive` – Разрешение работы адаптивного алгоритма интегрирования, который предварительно обнаруживает выборку в исходном сигнале, соответствующую нулевому значению сигнала после интегратора.

Если интегратор включен существует возможность выбора источника захвата выборки сигнала (`SamplingSignalSource`):

- 0 – Первичный сигнал, без обработки;
- 1 – Сигнал после интегратора.

### 4.8.4 Спектральный фильтр НЧ шума

Интегратор существенно усиливает низкочастотные спектральные составляющие, которые могут связаны с шумом операционных усилителей датчиков, нормирующих усилителей, ФНЧ (фильтра низких частот) модуля или внешних наводок на линии связи. Наличие НЧ (низкочастотного) шума в сигнале может проявляться в нестационарности результатов измерений.

В модуле контроля предусмотрено две таблицы минимального уровня энергии (до извлечения корня квадратного в размерности АЦП) спектральных составляющих полезного сигнала с 0 по 19 спектральной линии. Если значение спектральной составляющей ниже установленного уровня, то она принимается равной нулю.

На рисунке 25 показан пример назначения таблицы №1 фильтра НЧ шума на канал измерения №1 в ПО ModuleConfigurator.

Параметр	Значение	Адрес
Номинальный коэффициент передачи датчика	0,025	0x0410
Диапазон измерения по СКЗ переменного сигнала (100%)	500	0x0408
Диапазон измерения по размаху переменного сигнала (100%)	500	0x040C
<b>Настройка измерений</b>		
Данные АЦП с дополнительной платы, выбор канала	Канал 3 внешнего АЦП	0x041A
Применять 64-разрядную целочисленную математику	<input checked="" type="checkbox"/>	0x041E
Фильтрация НЧ шума в спектральной области	Таблица №1	0x0424

Рисунок 25 - Пример назначения таблицы №1 фильтра НЧ шума на канал измерения №1 в ПО ModuleConfigurator

На рисунке 26 показан пример настройки таблицы №1 фильтра НЧ шума в ПО ModuleConfigurator.

Параметр	Значение	Адрес
Спектральная линия 0	0	0x3000
Спектральная линия 1	0	0x3004
Спектральная линия 2	20 000 000	0x3008
Спектральная линия 3	15 000 000	0x300C
Спектральная линия 4	1 500 000	0x3010
Спектральная линия 5	750 000	0x3014
Спектральная линия 6	500 000	0x3018
Спектральная линия 7	300 000	0x301C
Спектральная линия 8	200 000	0x3020
Спектральная линия 9	100 000	0x3024

Рисунок 26 - Пример настройки таблицы №1 фильтра НЧ шума в ПО ModuleConfigurator

Значения спектральных линий фильтра НЧ шума определяются экспериментально, при подключенном датчика в состоянии покоя (без воздействия вибрационного сигнала). В модуль контроля подается команда вывода текущих значений энергии спектральных линий по требуемому каналу измерения, фиксируются текущие значения спектральных линий. Рекомендуется увеличивать экспериментальные данные в 1,5 - 2 раза при заполнении таблицы фильтра НЧ шума.

На рисунке 27 показан пример контроля НЧ шума по каналу №1 в ПО ModuleConfigurator.

The screenshot shows the software interface for ModuleConfigurator. At the top, there are sections for 'Настройки MC01/MC03' (COM-port: COM10), 'Инструменты для работы с модулем' (control icons), and 'Версия ПО модуля' (174). Below this is a table with 15 rows of spectral lines. A context menu is open over the table, listing options to transmit data for channels 1 through 4, and to stop data transmission.

Параметр	Значение	Адрес
Спектральная линия 0	0	
Спектральная линия 1	0	
Спектральная линия 2	6 596 714	
Спектральная линия 3	2 454 770	
Спектральная линия 4	43 018	0x0210
Спектральная линия 5	32 050	0x0214
Спектральная линия 6	161 396	0x0218
Спектральная линия 7	255 861	0x021C
Спектральная линия 8	8 810	0x0220
Спектральная линия 9	8 450	0x0224
Спектральная линия 10	2 465	0x0228
Спектральная линия 11	10 440	0x022C
Спектральная линия 12	720	0x0230
Спектральная линия 13	450	0x0234
Спектральная линия 14	202	0x0238

Рисунок 27 - Пример контроля НЧ шума по каналу №1 в ПО ModuleConfigurator

### 4.8.5 Алгоритм коррекции АЧХ

Коррекция амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) сигнала проводится в спектральной области после удаления НЧ шума, перед вычисления значения измеряемых параметров и захвата спектра для передачи по цифровым интерфейсам связи.

Коррекция АЧХ модуля производится на основании экспериментальных данных фактической АЧХ канала измерения. Необходимо:

- снять АЧХ в виде пары значений: частота; амплитуда;
- заполнить таблицу АЧХ (до 30 точек);
- указать в настройках канала измерения диапазон данных фактической АЧХ в таблице;
- указать точку, соответствующую базовой частоте;
- разрешить работу алгоритма коррекции АЧХ.

Модуль контроля автоматически рассчитывает коэффициенты коррекции для каждой спектральной линии и приведет уровни спектральных линий к базовой частоте. Для каждого канала измерения может быть настроена собственная коррекция АЧХ.

Таблица 17 - Пример данных фактической АЧХ канала НЧ абсолютного виброперемещения

№ записи	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Частота, Гц	0,75	1	2	3	5	10	20	40	80	100	160	180	200
Амплитуда	68	100	130	120	115	102	101	100	101	100	103	107	113
Коррекция	1,471	1,000	0,769	0,833	0,870	0,980	0,990	1,000	0,990	1,000	0,971	0,935	0,885

На рисунке 28 показана фактическая АЧХ и коэффициент коррекции АЧХ по таблице 17.

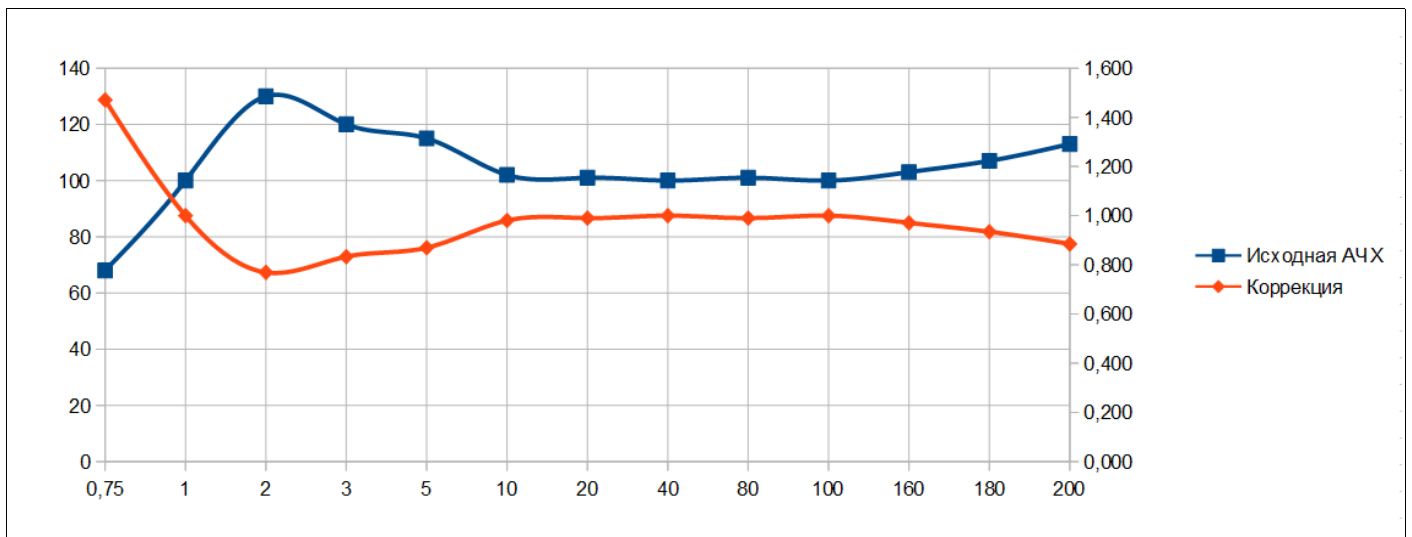


Рисунок 28 - Фактическая АЧХ и коэффициент коррекции АЧХ по таблице 17

Между каждой парой точек рассчитывается линейное уравнение, которое применяется для коррекции амплитуды соответствующих спектральных линий.

На рисунке 29 показан пример настройки коррекции АЧХ канала №1 в ПО ModuleConfigurator.

Коррекция АЧХ			
Проводить коррекцию АЧХ	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="button" value="X"/>	0x08BA
Первая запись в таблице коррекции АЧХ (от 1 до 30)	1	<input type="button" value="X"/>	0x08BC
Последняя запись в таблице коррекции АЧХ (от 1 до 30)	13	<input type="button" value="X"/>	0x08BE
Номер записи базового значения (от 1 до 30)	8	<input type="button" value="X"/>	0x08C0

Рисунок 29 - Пример настройки коррекции АЧХ канала №1 в ПО ModuleConfigurator для модуля с версией ПО до 1.81



#### 4.8.5.1 Коррекция АЧХ датчика (версия 1.82 ПО модуля)

В дополнение к коррекции АЧХ модуля в версии 1.82 ПО модуля добавлена возможность указать:

- АЧХ датчика
- Требуемое (результатирующее) отклонение АЧХ

Модуль контроля автоматически рассчитывает коэффициенты коррекции для каждой спектральной линии и приведет уровни спектральных линий к базовой частоте. Для каждого канала измерения может быть настроена собственная коррекция АЧХ.

На рисунке 30 показана настройка коррекции АЧХ канала измерения №1, а на рисунке 31 заполненная таблица коррекции АЧХ канала измерения №1 с данными АЧХ модуля, АЧХ датчика и требуемым отклонением АЧХ.

Коррекция АЧХ			
Учитывать коррекцию АЧХ модуля	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0x08BA
Учитывать коррекцию АЧХ датчика	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0x08BA
Учитывать требуемое отклонение АЧХ	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0x08BA
Первая запись в таблице коррекции АЧХ (от 1 до 30)	1	<input type="checkbox"/>	0x08BC
Последняя запись в таблице коррекции АЧХ (от 1 до 30)	14	<input type="checkbox"/>	0x08BE
Номер записи базового значения (от 1 до 30)	6	<input type="checkbox"/>	0x08C0

Рисунок 30 - Пример настройки коррекции АЧХ канала №1 в ПО ModuleConfigurator для модуля с версией ПО от 1.82

	Частота, Гц	Модуль	Датчик	Требуемое отклонение АЧХ, %
Запись 1	2,00	3,9	9,7	-6,0
Запись 2	3,00	6,6	10,3	-3,0
Запись 3	5,00	8,23	10,25	-1,0
Запись 4	10,00	9,5	10,1	0,0
Запись 5	20,00	9,89	10,05	0,0
Запись 6	40,00	10	10	0,0
Запись 7	80,00	10	9,96	0,0
Запись 8	160,00	10	9,9	0,0
Запись 9	315,00	9,922	9,85	0,0
Запись 10	500,00	10	9,81	0,0
Запись 11	630,00	10	9,79	0,0
Запись 12	800,00	10	9,74	0,0
Запись 13	900,00	10,04	9,72	-1,0
Запись 14	1000,00	10,15	9,68	-3,0

Рисунок 31 - Пример таблицы коррекции АЧХ канала №1 в ПО ModuleConfigurator для модуля с версией ПО от 1.82

При настройке в ПО ModuleConfigurator требуемое отклонение АЧХ заноситься в %, хранение в модуле осуществляется в виде коэффициента деления. Значение соответствующее отсутствию отклонения (0%) соответствует значению 1.



#### 4.8.6 Измерение по частотным зонам

Дополнительно к основным параметрам измерения в модуле контроля могут быть определены дополнительные частотные диапазоны, в которых будет производиться вычисления по алгоритмам, соответствующим установленному режиму для канала измерения.

Нижняя и верхняя границы частотной зоны определяется линейным уравнением, связанным с вычисленным значением частоты вращения ротора в Гц.

Границы частотных зон:

$$F_H = A_H + B_H \cdot F_{Гц}$$

$$F_B = A_B + B_B \cdot F_{Гц}$$

Где:

$F_H$  – нижняя граница частотной зоны;

$F_B$  – верхняя граница частотной зоны;

$F_{Гц}$  – значение частоты вращения ротора в Гц;

$A_H, B_H, A_B, B_B$  – расчетные, настраиваемые коэффициенты.

Если импульсы синхронизации не поступают, то может быть разрешено применять номинальную частоту вращения ротора агрегата, указанную в настройках канала измерения.

Если в результате расчета  $F_H$  больше чем  $F_B$ , то результат по частотной зоне принимается равным нулю.

Для каждого канала измерения предусмотрены по четыре (с 0 по 3) частотной зоны. Однако с учетом длительности вычислений в режиме «Измерения размаха» при ОБПФ 10-го порядка доступны только две частотных зоны (0, 1). При ОБПФ (Обратном быстром преобразовании Фурье) 11-го порядка доступна только одна частотная зона (0).

Для каждой частотной зоны возможно указать глубину усреднения результатов от 1 до 10 методом скользящего среднего. На результаты вычисления по частотным зонам могут быть назначены уставки, алгоритмы «скачка» параметра.

На рисунке 32 показан пример настройки частотной зоны 0 для измерения НЧ абсолютной виброскорости в диапазоне частот 10-F/2 Гц канала №1 в ПО ModuleConfigurator.

Параметр	Значение	Адрес
<b>Включение, глубина усреднения (0 - выкл.)</b>	1 - Нет усреднения	0x0830
<b>Разрешить использовать рабочую частоту вращения ротора...</b>	<input checked="" type="checkbox"/>	0x0832
<b>Нижнее значения частоты</b>		
<b>Нижнее значения частоты. Коэффициент А</b>	9	0x0834
<b>Нижнее значения частоты. Коэффициент В</b>	0	0x0838
<b>Верхнее значения частоты</b>		
<b>Верхнее значения частоты. Коэффициент А</b>	1	0x083C
<b>Верхнее значения частоты. Коэффициент В</b>	0,5	0x0840

Рисунок 32 - Пример настройки частотной зоны 0 для измерения НЧ абсолютной виброскорости в диапазоне частот 10-F/2 Гц канала №1 в ПО ModuleConfigurator

#### 4.8.7 Вычисление оборотных составляющих

Для вычисления оборотных составляющих, кратных частоте вращения ротора, на модуль контроля должны поступать импульсы синхронизации (фазовой метки). Режим синхронизации определяется параметром *SynchronizationMode* и распространяется на все каналы измерения:

- 0 – Синхронизации нет, оборотные составляющие не вычисляются;
- 1 – Синхронизация только по 1-му входу;
- 2 – Синхронизация только по 2-му входу;
- 3 – основным каналом синхронизации является вход №1, при отсутствии импульсов по входу №1, синхронизация вычислений автоматически переключается на вход №2.

Вычисление оборотных составляющих осуществляется методом спектрального анализа выборки сигнала (512 выборок) за 1, 2 или 4 оборота ротора в зависимости от текущей частоты вращения:

- до 60 об/мин – выборка сигнала за один оборот ротора, ½ и ¼ оборотные составляющие не вычисляются;
- от 60 до 120 об/мин – выборка сигнала за два оборота ротора, ¼ оборотные составляющие не вычисляются;
- выше 120 об/мин – выборка сигнала за четыре оборота ротора.

Измерение оборотных составляющих может быть ограничено диапазоном частот вращения ротора, индивидуально для каждого канала измерения. При выходе частоты вращения ротора за указанный диапазон, оборотные составляющие не вычисляются и принимаются равными нулю.

На рисунке 33 показан пример настройки измерения оборотных составляющих канала №1 в ПО ModuleConfigurator.

Параметр	Значение	Адрес
<b>Выполнять вычисление оборотных составляющих</b>	вычислять (только для реж.изм.СКЗ сигн.и изм.размаха сигн.)	0x0816
<b>Минимальная допустимая частота вращения, об/мин</b>	600	0x0880
<b>Максимальная допустимая частота вращения, об/мин</b>	4000	0x0884
<b>Минимальное значение параметра для вычисления фазы</b>	0,05	0x0828
<b>Постоянное смещение фазы для 1-й оборотной составля...</b>	0	0x082C

Рисунок 33 - Пример настройки измерения оборотных составляющих канала №1 в ПО ModuleConfigurator

Алгоритм вычисления оборотных составляющих имеет соседственные калибровочные наборы данных для определения СКЗ и размаха оборотных составляющих.

На рисунке 34 показан пример калибровочных данных оборотных составляющих канала №1 настроенных в ПО ModuleConfigurator.

Параметр	Значение	Адрес
<b>Коррекция фазового сдвига, гр/Гц</b>	-0,213	0x0414
<b>Минимальное вычисляемое значение оборотной составляющей</b>	0,001	0x0420
<b>01. СКЗ переменного сигнала</b>		
<b>Значение АЦП. 5% диапазона измеряемого параметра</b>	41,3037	0x0450
<b>Значение АЦП. 20% диапазона измеряемого параметра</b>	166,0933	0x0454
<b>Значение АЦП. 100% диапазона измеряемого параметра</b>	832,2247	0x0458
<b>02. Размах переменного сигнала</b>		
<b>Значение АЦП. 5% диапазона измеряемого параметра</b>	0	0x0468
<b>Значение АЦП. 20% диапазона измеряемого параметра</b>	0	0x046C
<b>Значение АЦП. 100% диапазона измеряемого параметра</b>	0	0x0470

Рисунок 34 - Пример калибровочных данных оборотных составляющих канала №1 настроенных в ПО ModuleConfigurator

Если вычисленное значение оборотной составляющей меньше параметра «Минимальное вычисляемое значение оборотной составляющей», то значение оборотной составляющей и ее фаза принимается равным нулю.

**4.8.7.1 Компенсация неровности контрольной поверхности**

При измерении размаха относительно виброперемещение возможна компенсация неровности поверхности ротора при вычислении оборотных составляющих. В установленном диапазоне частот (действует для всех каналов измерения) проводится исследование контрольной поверхности - определение оборотных составляющих при отсутствии физической вибрации контрольной поверхности.

В рабочем режиме работы из полученных оборотных составляющих вычитаются значения оборотных составляющих, полученных при исследовании контрольной поверхности. Вычитание проводится с учетом фазы оборотных составляющих.

**4.8.7.2 Вычисление фазы оборотных составляющих**

Под фазой понимается временной интервал в градусах ( $\varphi = 0 - 360$ ) от положительного (активного) фронта амплитуды импульса на входе синхронизации (импульсный вход) до нулевого значения амплитуды синусоидального сигнала при переходе от отрицательного значения к положительному. На рисунке 35 графически изображено измерение фазы для 1-ой, 2-й и 1/2-й оборотной частоты сигнала.

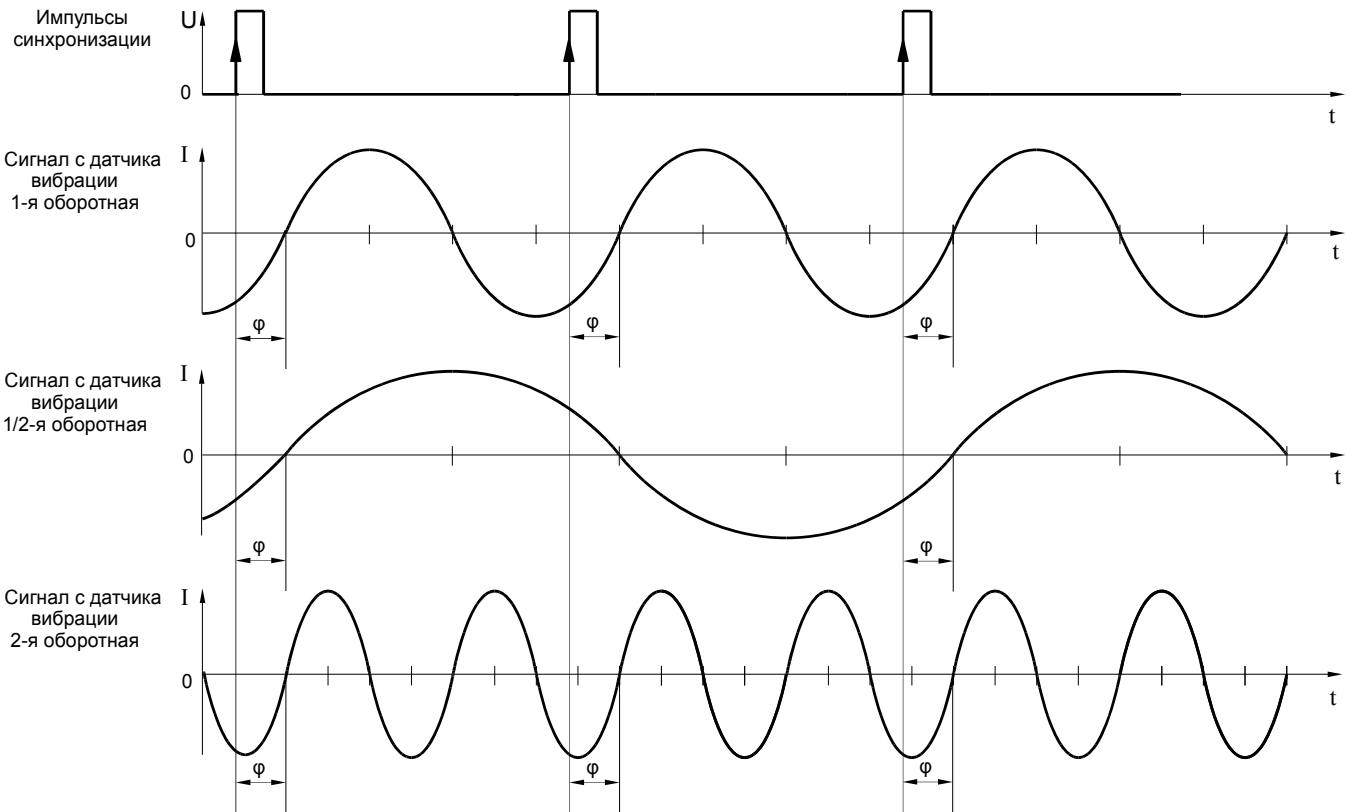


Рисунок 35 - Временные диаграммы вычисления фазы оборотных составляющих модулем МК32

Если вычисленное значение оборотной составляющей меньше параметра «Минимальное значение параметра для вычисления фазы», то значение фазы оборотной составляющей не вычисляется и принимается равным нулю.

Если синхронизация вычисления оборотных составляющих осуществляется от контрольной поверхности типа «Шестерня» (число импульсов синхронизации на один оборот ротора более 1), фазы оборотных составляющих не вычисляются и принимаются равным нулю.

При вычислении значения фазы оборотных составляющих учитываются следующие данные настройки:

- $S_{PH1F}$  - Постоянное смещение фазы для 1-й оборотной составляющей, кратно учитывается для других оборотных составляющих;
- $An$  - Угол установки датчика оборотов ротора (индивидуально для каждого канала синхронизации);
- $C_{PH}$  - Коррекция фазового сдвига гр/Гц.

Коррекция фазы первой оборотной составляющей выполняется по формуле:

$$Ph_{1F} = Pc_{1F} + S_{PH1F} + An + C_{PH} \cdot F_{Гц}$$

Где:

- $Ph_{1F}$  – значение фазы 1-й оборотной составляющей вибрационного сигнала;
- $Pc_{1F}$  – значение фазы 1-й оборотной составляющей электрического сигнала на входе модуля;
- $F_{Гц}$  – значение частоты вращения ротора в Гц.

По аналогичной формуле осуществляются расчет фазы других оборотных составляющих, кратно изменяя значения корректирующих величин.

#### 4.8.8 Виртуальные каналы измерения

Модуль контроля МК32 имеет четыре независимых виртуальных канала измерения. Значение виртуальных каналов измерения вычисляется на основе обратных 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;
- вычитание аргумента 2 из аргумента 1;
- вычисление с учетом масштабирующего коэффициента.

Где аргумент 1 и аргумент 2 обратные 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);
- аргумент 1 (Argument1);
- аргумент 2 (Argument2);
- 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.

На рисунке 36 показан пример настройки виртуального канала №1 для вычисления вектора виброскорости опоры в ПО ModuleConfigurator.

Параметр	Значение	Адрес
Разрешение работы канала измерения	<input checked="" type="checkbox"/>	0x3500
Режим работы	Сложение аргумента 1 и 2	0x3502
Значение диапазона параметра по переменному току	15	0x3510
Единицы измерения	мм/с	0x3514
<b>Основные параметры</b>		
Маска неисправности	ErCh1; ErCh2;	0x3508
Применять масштабирующий коэффициент	<input type="checkbox"/>	0x350A
Масштабирующий коэффициент	1	0x350C
<b>Аргумент 1</b>		
Канал измерения	канал 1	0x3504
Вид канала измерения	реальный	0x3504
<b>Аргумент 2</b>		
Канал измерения	канал 2	0x3506
Вид канала измерения	реальный	0x3506

Рисунок 36 - Пример настройки виртуального канала №1 для вычисления вектора виброскорости опоры в ПО ModuleConfigurator

С помощью виртуальных каналов измерения возможно реализовать измерение абсолютного виброперемещения ротора по обратным составляющим.

#### 4.8.9 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 4096 Гц);
- 512 выборок за 2 оборота ротора (дискретизация зависит от частоты вращения).

Полученная выборка может быть пересчитана в мгновенный ток датчика.

Доступны для запроса спектра 1024 спектральных линий с разрешением (в зависимости от частоты дискретизации), без значений фазы:

- 1 Гц – диапазон от 1 до 1023 Гц;
- 0,5 Гц – диапазон от 0,5 до 511,5 Гц;
- 0,25 Гц – диапазон от 0,25 до 255,75 Гц.

Полученные спектры могут быть предварительно пересчитаны в один из физических параметров: СКЗ виброскорости, размах виброперемещения. Ориентировочное время готовности спектров/выборок для считывания, после подачи запроса, 1-2 секунды.

Для виртуальных каналов измерения доступны для захвата спектр из 22 спектральных линий с разрешением  $\frac{1}{2}$  оборотной составляющей.

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.

В версии 1.82 ПО модуля МК32 дополнительно реализован запрос формы коррекции АЧХ по спектральным линиям в виде значений множителей.

#### 4.9 Контроль состояния канала измерения

В модуле МК32 предусмотрены регистры для контроля за состоянием каналов измерения, предварительным результатам вычислений:

- флаги состояния канала измерения;
- предварительные результаты вычислений;
- вычисление оборотных составляющих.

На рисунке 37 показан пример контроля состояния канала измерения №1 в ПО ModuleConfigurator.

Параметр	Значение	Адрес
<b>Состояние канала измерения</b>		
Канал измерения включен	<input checked="" type="checkbox"/>	0x0020
Режим работы канала измерения	измерение СКЗ сигнала ▼	0x0020
Длительность вычислений, мс	85	0x0024
<b>Контроль исправности канала измерения</b>		
Ток датчика ниже допустимого уровня	<input checked="" type="checkbox"/>	0x0020
Ток датчика выше допустимого уровня	<input type="checkbox"/>	0x0020
Инициализация канала измерения, блокировка уставок	<input checked="" type="checkbox"/>	0x0020
Перегрузка по переменному сигналу	<input type="checkbox"/>	0x0020
<b>Выполнение измерений</b>		
Учитывать коэффициент передачи датчика	<input type="checkbox"/>	0x0022
Выборка сигнала с дополнительной платы АЦП	<input type="checkbox"/>	0x0020
Применение 64-х разрядной целочисленной математики в алгоритмах ЦОС	<input type="checkbox"/>	0x0020
Вычисление постоянной составляющей	<input type="checkbox"/>	0x0020
Обратное БПФ 11-го порядка при вычислении размаха сигнала	<input type="checkbox"/>	0x0020
Оборотные составляющие не вычисляются	<input checked="" type="checkbox"/>	0x0020
<b>Исследования формы контрольной поверхности</b>		
Проведено исследование формы контрольной поверхности	<input type="checkbox"/>	0x0020
Ожидание проведения исследования формы контрольной поверхности	<input checked="" type="checkbox"/>	0x0020
Выполнение исследования формы контрольной поверхности	<input type="checkbox"/>	0x0020
<b>Коррекция АЧХ</b>		
Выполняется коррекция АЧХ	<input type="checkbox"/>	0x0022
Ошибка в настройках коррекции АЧХ	<input type="checkbox"/>	0x0022

Рисунок 37 - Пример контроля состояния канала измерения №1 в ПО ModuleConfigurator

#### 4.10 Унифицированные выходы

В модуле МК32 предусмотрено 4 назначаемых унифицированных выходов. Все унифицированные выходы имеют индивидуальные параметры настройки, 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. Каждый унифицированный выход может быть настроен на контроль за одним из параметров модуля МК32.

Установка тока на унифицированном выходе осуществляется с помощью 12-разрядного ЦАП и активного или пассивного токового усилителя (зависит от исполнения модуля). В модуле МК32 предусмотрен защитный стабилитрон (напряжение пробоя 27 В) и самовосстанавливающийся предохранитель 200 мА для защиты цепей унифицированного выхода.

Значение ЦАП унифицированного выхода рассчитывается по формуле линейного уравнения:

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

Где:

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

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

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

Коэффициенты  $A_0, B_0$  автоматически рассчитываются при инициализации работы модуля по данным диапазона тока унифицированного выхода ( $\text{OutCurrentMin}, \text{OutCurrentMax}$ ), диапазона параметра выводимого на унифицированный выход ( $\text{ParameterMin}, \text{ParameterMax}$ ) и сохраненным значениям ЦАП ( $\text{OutDacMin}, \text{OutDacMax}$ ), соответствующим диапазону тока 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 ( $\text{CurrentErrorEnabled}$ ).

Если одна из пар калибровочных значений ( 20% от  $\text{OutCurrentMax} - \text{OutCurrentMax}$  или  $\text{ParameterMin} - \text{ParameterMax}, \text{OutDacMin} - \text{OutDacMax}$ ) равна нулю или они равны между собой, то коэффициенты  $A_0, B_0$  не вычисляются и принимаются равными нулю (значение  $\text{ЦАП}_{\text{OUT}}$  всегда равен нулю).

Для проведения калибровки токового выхода предусмотрены регистры прямого управления ЦАП ( $\text{AnalogDirectData}$ ) для каждого канала индивидуально. В нормальной работе каналов измерения не участвуют и автоматически сбрасываются в 0, если значение регистра не изменялось в течении 30 секунд.

Связь унифицированного выхода с измеряемым параметром осуществляется настройкой адреса параметра  $\text{ParameterAddress}$  по таблице адресов регистров для интерфейсов связи. Тип параметра для унифицированного выхода должен быть Float.

Маска неисправностей ( $\text{ParameterCheckErrors}$ ) согласно таблицам результатов измерения, битовая последовательность соответствует параметру  $\text{CommonError}$ .

В варианте исполнения модуля МК32-DC-20-R2-M-RAM-PO реализованы гальванически изолированные (между собой и источником питания модуля) унифицированные токовые выходы с пассивным регулятором тока. В системных настройках модуля необходимо указать тип ЦАП, применяемого в модуле МК32 (параметр  $\text{DacExternalType}$ ), версия ПО модуля 1.80.

На рисунке 38 показан пример настройки унифицированного выхода №1 в ПО ModuleConfigurator.

Параметр	Значение	Адрес
<b>Разрешение работы унифицированного выхода</b>	<input checked="" type="checkbox"/>	0x0F00
<b>Передаваемый параметр</b>		
Адрес параметра	Основн. измер. парам. канал 1	0x0F02
Нижнее значение диапазона параметра	0	0x0F0C
Верхнее значение диапазона параметра	15	0x0F10
<b>Контроль неисправности канала измерения</b>		
Маска неисправности	ErCh1;	0x0F04
Устанавл. ток неисправн. при обнаружен. неисправн. канала измер.	<input checked="" type="checkbox"/>	0x0F06
Ток неисправности канала измерения, мА	2,00	0x0F08
<b>Калибровочные данные</b>		
Нижнее значение диапазона тока выхода, мА	4,00	0x0F14
Верхнее значение диапазона тока выхода, мА	20,00	0x0F18
Нижнее значение ЦАП выхода	799	0x0F1C
Верхнее значение ЦАП выхода	3992	0x0F1E

Рисунок 38 - Пример настройки унифицированного выхода №1 в ПО ModuleConfigurator

## 4.11 Логические функции модуля

Модуль контроля МК32 имеет возможность формировать логические сигналы предупредительной 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.

### 4.11.1 Сравнение вычисленного значения параметра с уставками

В модуле МК32 предусмотрено 32 назначаемые уставки. Все уставки имеют индивидуальные параметры настройки и 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 39 показан пример работы сигнализации по уставке 1,7 мм (контроль осевого сдвига ротора) с гистерезисом 0,02 мм.

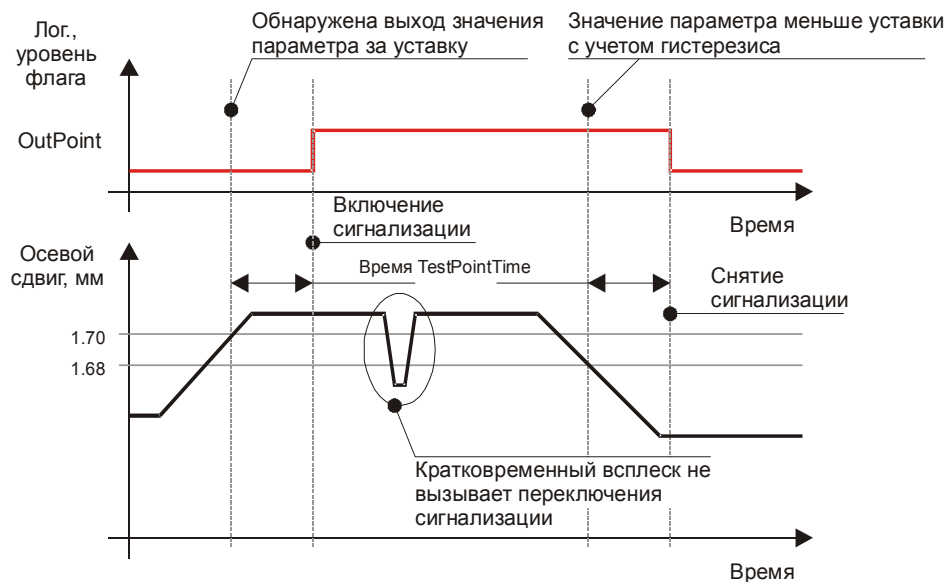


Рисунок 39 - Пример работы алгоритма работы уставки (режим – проверка выше уставки)



На рисунке 40 показан пример настройки уставки №1 в ПО ModuleConfigurator.

Параметр	Значение	Адрес
Режим работы уставки	контроль «вверх»	0x1800
Адрес параметра	Основн. измер. парам. канал 1	0x1802
Маска неисправности	ErCh1;	0x1804
Время детектир. перехода через уставку, сек	1	0x1806
Значение уставки	4,5	0x1808
Гистерезис по уставке	0,1	0x180C

Рисунок 40 - Пример настройки уставки №1 в ПО ModuleConfigurator

#### 4.11.2 Детектирование «скачка» параметра

Для обнаружения мгновенного и необратимого изменения значения параметра реализовано 8 независимых алгоритмов 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 - контроль «вверх», «вниз»;
  - 2 - контроль только «вверх»;
- тайм аут инициализации по 0,5 с (TimeOutInit) – время ожидания стабилизации параметра после нормализации работы датчика или стабилизации частоты вращения для оборотных составляющих;
- тайм аут стабилизации по 0,5 с (TimeOutStable) – время ожидания стабилизации параметра, если изменение параметра менее ValueSense за один цикл измерения (0,5 с);
- время активного состояния флага обнаружения скачка по 0,5 с (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 (0,5 с);
- минимальный уровень скачка (CheckValueHist) – минимальный уровень изменения параметра относительно стартового значения детектирования «скачка» и значения параметра после стабилизации.

Алгоритм детектирования скачка имеет несколько состояний (пояснения на рисунке 43):

- пауза после инициализации;
- ожидание изменения параметра более чем на ValueSense для начала детектирования «скачка»;
- ожидание стабилизации «скачка»;
- обнаружен «скачок» параметра.

Варианты срабатывания алгоритма «скачка» параметра представлены на рисунке 41, не срабатывания - на рисунке 42.

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.

Флаги срабатывания алгоритмов «скачка» доступны для считывания по интерфейсам связи.

На рисунке 44 показан пример настройки алгоритма скачка №1 в ПО ModuleConfigurator.

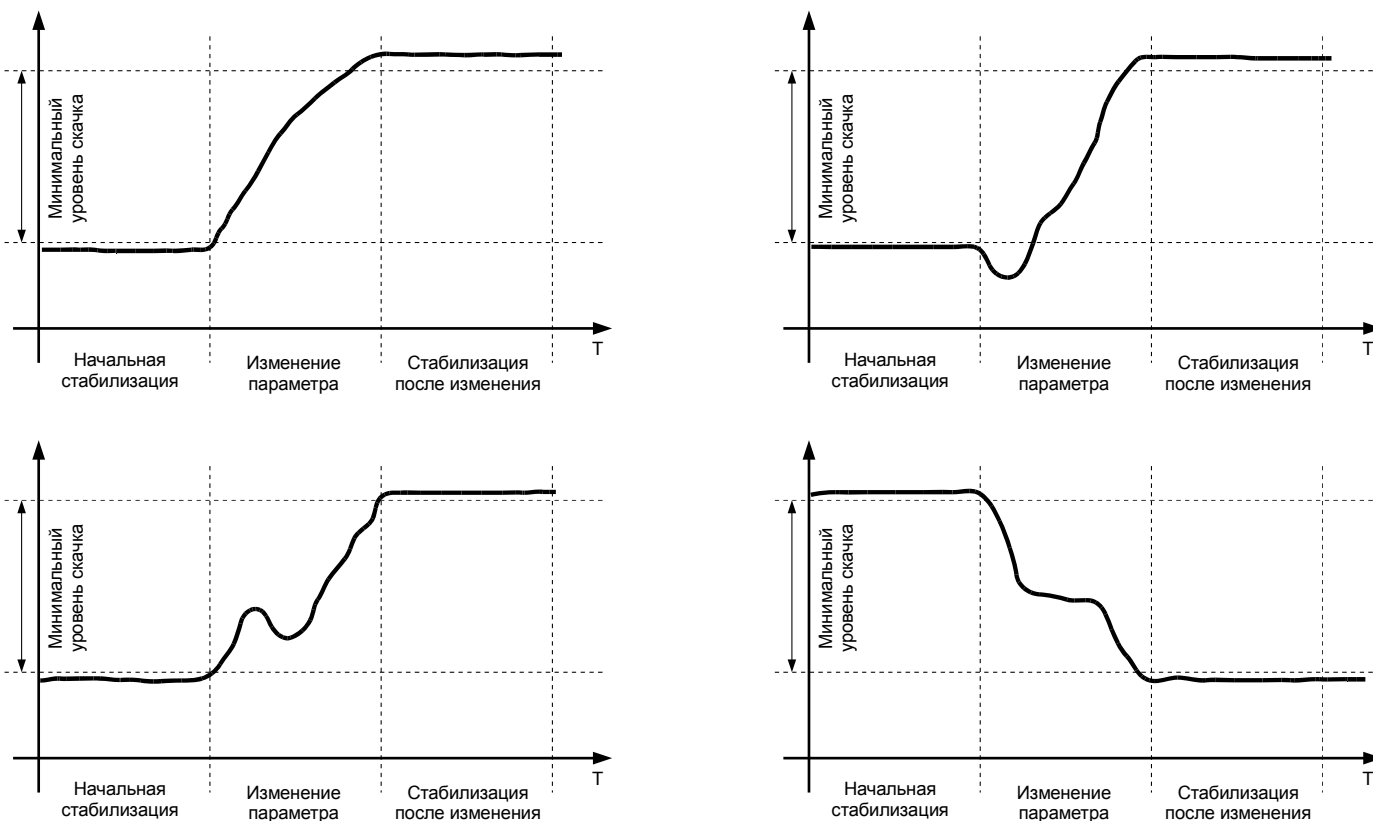


Рисунок 41 - Варианты изменения значения параметра, когда будет зафиксирован «скачок» параметра

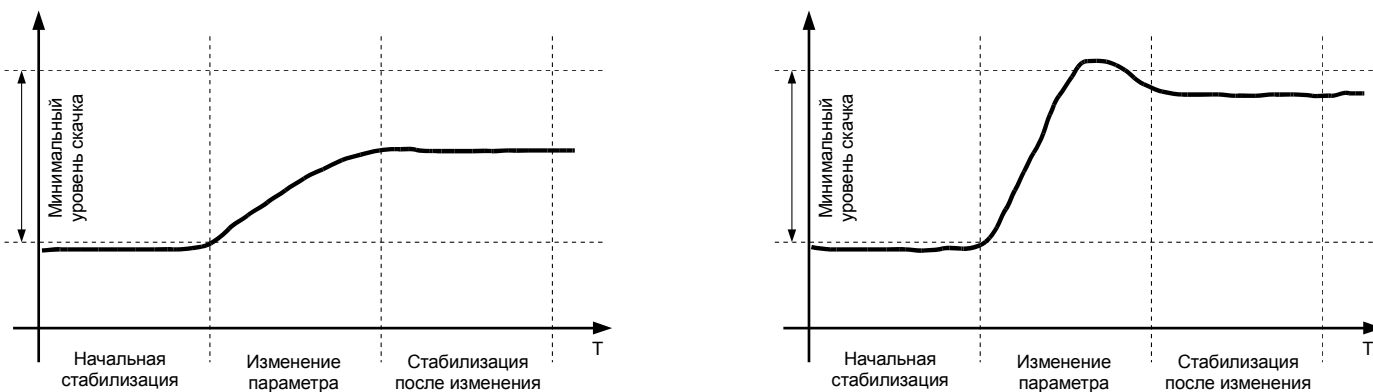


Рисунок 42 - Варианты изменения значения параметра, когда «скачок» параметра зафиксирован не будет

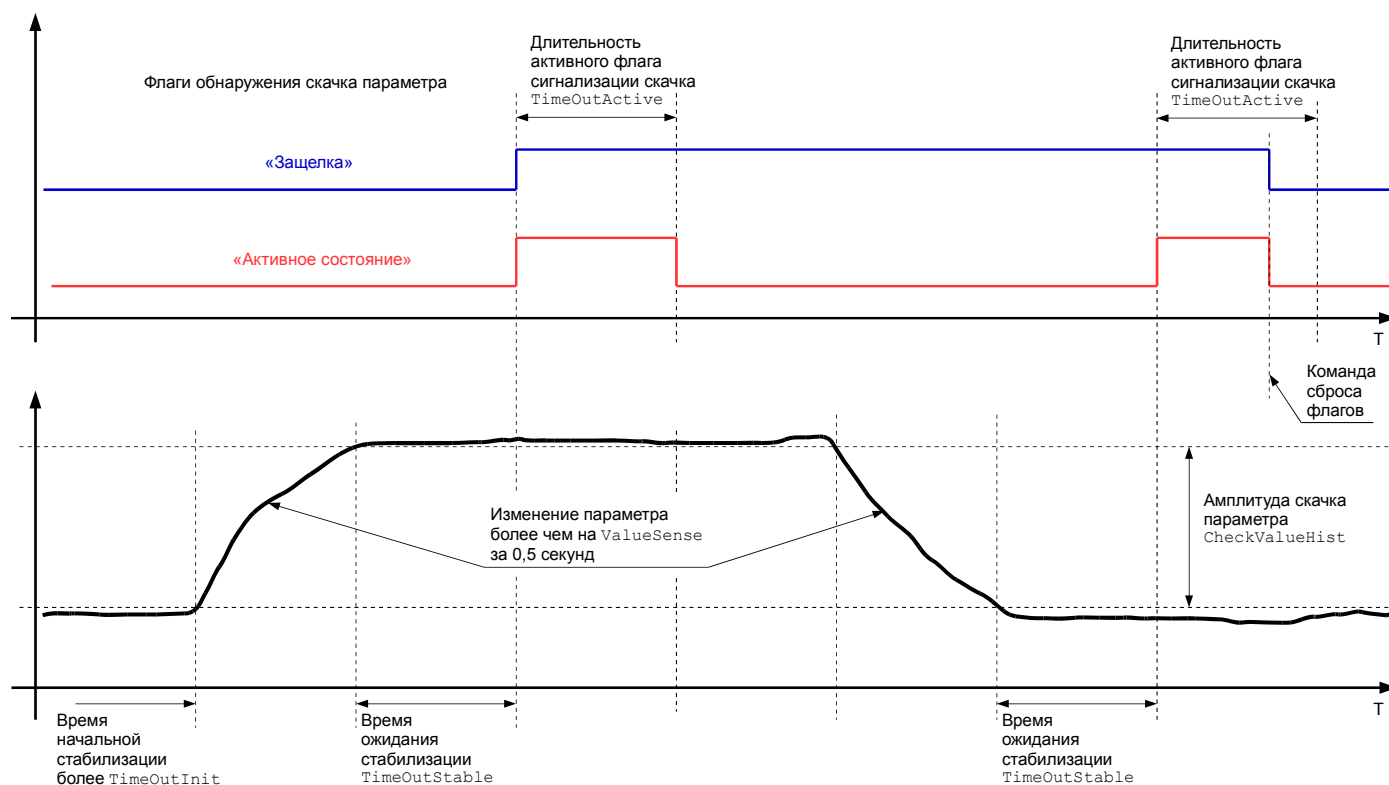


Рисунок 43 - Пояснения работы алгоритма детектирования «скачка» параметра

Параметр	Значение	Адрес
Режим работы алгоритма	Увеличение, уменьшение значения	0x1B00
Тайм-аут инициализации, сек	10	0x1B02
Тайм-аут стабилизации, сек	10	0x1B04
Время активного состояния, сек	5	0x1B06
Адрес параметра	Основн. измер. парам. канал 1	0x1B08
Маска неисправности	ErCh1; ErSync; ErStab;	0x1B0A
Чувствительность алгоритма	0,1	0x1B0C
Минимальный уровень скачка	1	0x1B10

Рисунок 44 - Пример настройки алгоритма скачка №1 в ПО ModuleConfigurator

### 4.11.3 Логические выходы

В модуле МК32 предусмотрено 14 логических выходов с открытым коллектором (активный уровень - ноль). Схемотехника логических входов 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 `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.

Каждых 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 37.

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.

#### 4.11.3.1 Система обозначений регистров

Система обозначений используемая в программе настройки `ModuleConfigurator` 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;
- `Rer.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:

"X-> `Mg.Nbit`" - запись результатов вычислений логических правил в глобальную память;

" | " - логическая операция «ИЛИ»;

" ^ " - логическая операция «исключающее ИЛИ»;

" & " - логическая операция «И»;

" ! " - логическая операция «НЕ»;

" ( ) " - допустимые скобки для определения порядка выполнения вычислений;

где X - флаг статуса (например `ErrLD`).

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

1) " ! " - логическая операция «НЕ»;

2) " & " - логическая операция «И»;

3) " | " и " ^ " равнозначны, логическая операция «ИЛИ», логическая операция «исключающее ИЛИ»;

4) " -> " - запись результатов вычислений.

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

На рисунке 45 показан пример настройки алгоритма логических выходов в ПО `ModuleConfigurator`. На рисунке 46 показан пример контроля состояния логических выходов в ПО `ModuleConfigurator`.

Параметр	Значение	Адрес
Логический выход 1	Rtp.2	0x1C00
Логический выход 2	Rtp.10	0x1C20
Логический выход 3	Rtp.18	0x1C40
Логический выход 4	Rtp.1	0x1C60
Логический выход 5	Rtp.9	0x1C80
Логический выход 6	Rtp.17	0x1CA0
Логический выход 7	Rja.0	0x1CC0
Логический выход 8	Rja.2	0x1CE0
Логический выход 9	Rja.4	0x1D00
Логический выход 10	Rtp.0   Rtp.8   Rtp.16	0x1D20
Логический выход 11	Rtp.3   Rtp.11   Rtp.19	0x1D40
Логический выход 12	Rch1.4   Rch1.5   Rch2.4   Rch2.5   Rch3.4   Rch3.5   Rch4.4   Rch4.5   Rtp.25   Rtp.26	0x1D60
Логический выход 13		0x1D80
Логический выход 14		0x1DA0
Светодиод 'War'	Rtp.0   Rtp.8   Rtp.16   Rtp.3   Rtp.11   Rtp.19	0x1DC0
Светодиод 'Alarm'	Rtp.2   Rtp.10   Rtp.18   Rja.0   Rja.2   Rja.4	0x1DE0

Рисунок 45 - Пример настройки алгоритма логических выходов в ПО ModuleConfigurator

Параметр	Значение	Адрес
Логический выход 1	<input type="checkbox"/>	0x00F0
Логический выход 2	<input type="checkbox"/>	0x00F0
Логический выход 3	<input type="checkbox"/>	0x00F0
Логический выход 4	<input type="checkbox"/>	0x00F0
Логический выход 5	<input type="checkbox"/>	0x00F0
Логический выход 6	<input type="checkbox"/>	0x00F0
Логический выход 7	<input type="checkbox"/>	0x00F0
Логический выход 8	<input type="checkbox"/>	0x00F0
Логический выход 9	<input type="checkbox"/>	0x00F0
Логический выход 10	<input type="checkbox"/>	0x00F0
Логический выход 11	<input type="checkbox"/>	0x00F0
Логический выход 12	<input checked="" type="checkbox"/>	0x00F0
Логический выход 13	<input type="checkbox"/>	0x00F0
Логический выход 14	<input type="checkbox"/>	0x00F0
Состояние светодиода 'War'	<input type="checkbox"/>	0x00F0
Состояние светодиода 'Alarm'	<input type="checkbox"/>	0x00F0

Рисунок 46 - Пример контроля состояния логических выходов в ПО ModuleConfigurator

Состояние логических выходов доступно даже при блокировке логической сигнализации пользователем.

### 4.12 Рекомендации по калибровке модуля

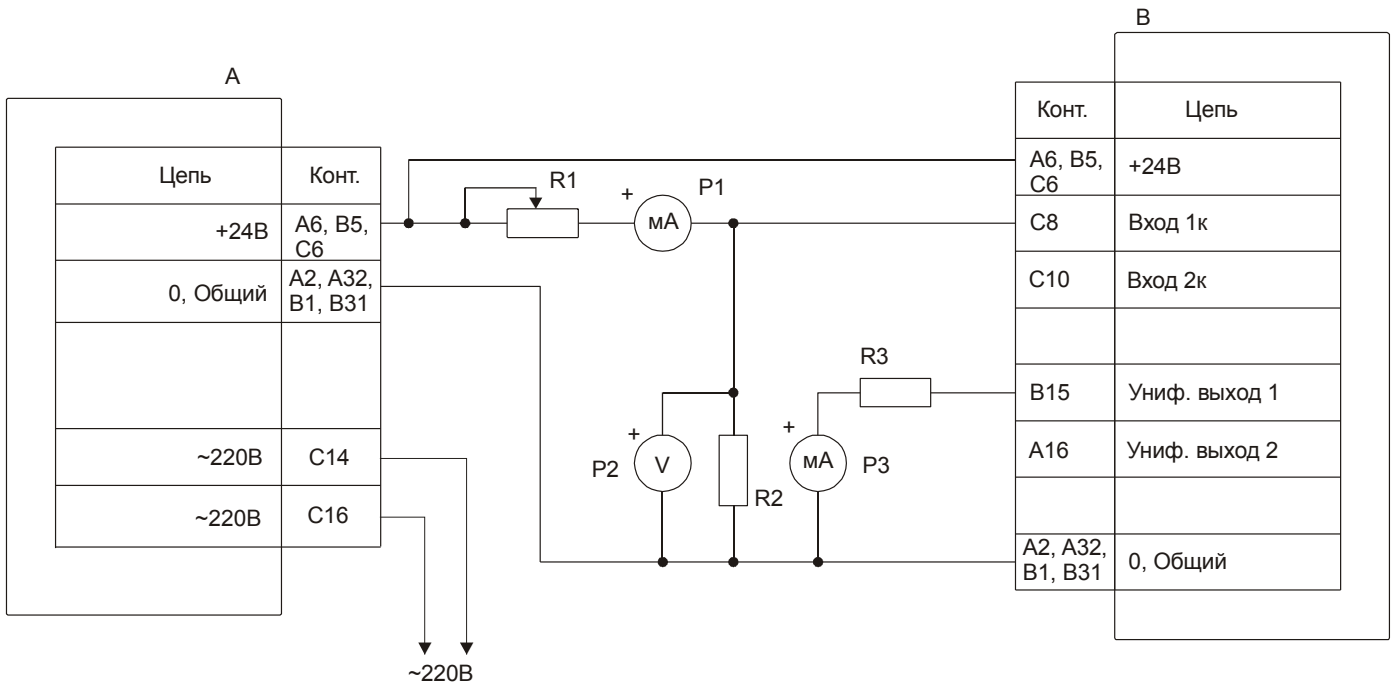
Технология калибровки модуля МК32 позволяет проводить повторную калибровку без выполнения холодного старта модуля, а изменение диапазона канала измерения – без перекалибровки каналов измерения и унифицированных выходов. Если выполняется изменение диапазона тока канала измерения или унифицированного выхода,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

После калибровки модуля необходимо загрузить калибровочные данные в модуль, сохранить в энергонезависимой памяти модуля и перезагрузить модуль. Калибровка модуля осуществляется командами по цифровым интерфейсам связи с помощью специализированного программного обеспечения. Запись результатов калибровки в модуль МК32 и выполнение перерасчета коэффициентов может быть выполнена один раз, после всех этапов калибровки (вход, унифицированный выход).

#### 4.12.1 Калибровка по постоянному току

Схема включения модуля МК32 для калибровки и поверки по постоянному току показана на рисунке 47. Рекомендуется калибровку модуля МК32 проводить с помощью стенда СГ143, позволяющего собрать указанную схему.

Для варианта исполнения модуля МК32-DC-20-R2-M-RAM-PO схема подключения миллиамперметра P3, резистора R3 к гальванически изолированному токовому выходу показана на рисунке 51.



- A** – МП24 или БП17
- B** – МК32
- R1** – магазин сопротивлений 100 кОм
- R2, R3** – резисторы (500±10) Ом, 0,5 Вт
- P1, P3** – миллиамперметр постоянного тока (0-20) мА, кл. 0,2
- P2** – вольтметр постоянного тока кл. 0,1

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

Рисунок 47 - 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 МК32;
- 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).

На рисунке 48 показан пример настройки калибровочных данных канала измерения №1 по постоянному току в ПО ModuleConfigurator.

Параметр	Значение	Адрес
<b>Канал 1</b>		
Нижний значение диапазона тока датчика, мА	1,00	0x0400
Верхнее значение диапазона тока датчика, мА	5,00	0x0404
Нижнее калибровочное значение АЦП	829	0x043C
Верхнее калибровочное значение АЦП	3970	0x0440
Значение АЦП по постоянному току	404	0x0300

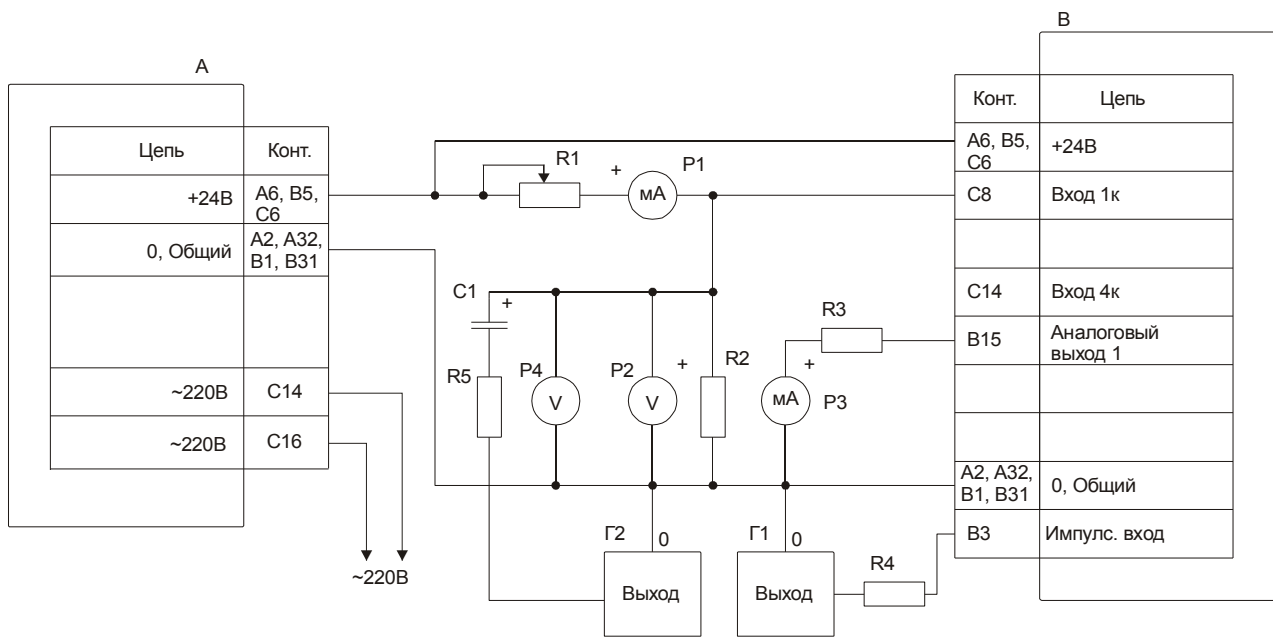
Рисунок 48 - Пример настройки калибровочных данных канала измерения №1 по постоянному току в ПО ModuleConfigurator

**4.12.2 Калибровка по переменному току**

Схема включения модуля МК32 для калибровки и поверки по переменному току показана на рисунке 49.

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

Для варианта исполнения модуля МК32-DC-20-R2-M-RAM-PO схема подключения миллиамперметра P3, резистора R3 к гальванически изолированному токовому выходу показана на рисунке 51.



**A** – МП24 или БП17

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

**R2, R3, R4, R5** – резисторы (500±10) Ом, 0,5 Вт

**P1, P3** – миллиамперметр постоянного тока (0-20) мА, кл. 0,2

**P2** – вольтметр постоянного тока кл. 0,1

**P4** – вольтметр переменного тока  $R_{вх} \geq 1,0$  МОм, кл. 0,6

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

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

**C1** – конденсатор 1000 мкФ, 16 В (при измерениях на частоте 0,05 Гц не менее 50000 мкФ)

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

Рисунок 49 - Схема включения модуля МК32 для калибровки и проверки по переменному току

Последовательность калибровки входа канала измерения по переменному току (СКЗ сигнала):

- 1 Перед калибровкой входа канала измерения по переменному току необходимо произвести калибровку входа канала измерения по постоянному току как описано в п. 4.12.1;
- 2 Установить резистором R1 по миллиамперметру P1 постоянный ток ( $3\pm 0,2$ ) мА или ( $12\pm 0,8$ ) 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 Г1 базовую частоту 80 Гц и амплитуду прямоугольных импульсов +5 В;
- 4 Указать верхнее значение диапазона параметра по переменному току:
  - RangeRMS - Диапазон измерения по СКЗ переменного сигнала (100 %);
- 5 Установить СКЗ гармонического сигнала величиной соответствующий 100 % RangeRMS:
  - 5.1 Переписать значение VariableRms в AdcRMS\_100;
  - 5.2 Переписать значение ValueRMS1F в AdcRMS1F\_100;
- 6 Установить СКЗ гармонического сигнала величиной соответствующий 20 % RangeRMS:
  - 6.1 Переписать значение VariableRms в AdcRMS\_20;
  - 6.2 Переписать значение ValueRMS1F в AdcRMS1F\_20;
- 7 Установить СКЗ гармонического сигнала величиной соответствующий 5 % RangeRMS:
  - 7.1 Переписать значение VariableRms в AdcRMS\_5;
  - 7.2 Переписать значение ValueRMS1F в AdcRMS1F\_5;
- 8 Передать результаты калибровки в модуль МК32;
- 9 Выполнить перерасчет коэффициентов.

Калибровка по размаху переменного сигнала проводится аналогично калибровке по СКЗ переменного сигнала с применением регистров RangePP, AdcPP\_5, AdcPP\_20, AdcPP\_100, AdcPP1F\_5, AdcPP1F\_20, AdcPP1F\_100, ValuePP, ValuePP1F.

На рисунке 48 показан пример настройки калибровочных данных канала измерения №1 по переменному току (СКЗ сигнала) в ПО ModuleConfigurator.

Параметр	Значение	Адрес
<b>Канал 1</b>		
<b>Диапазон измерения по СКЗ переменного сигнала (100%)</b>	15	0x0408
<b>Значение АЦП. 5% диапазона измеряемого параметра</b>	50,138	0x0444
<b>Значение АЦП. 20% диапазона измеряемого параметра</b>	208,0024	0x0448
<b>Значение АЦП. 100% диапазона измеряемого параметра</b>	1046,773	0x044C
<b>АЦП СКЗ переменного тока</b>	710,618	0x0304

Рисунок 50 - Пример настройки калибровочных данных канала измерения №1 по переменному току (СКЗ сигнала) в ПО ModuleConfigurator

#### 4.12.3 Калибровка унифицированного выхода

Диапазон унифицированного выхода по измеряемому параметру соответствует диапазону ParameterMin, ParameterMax.

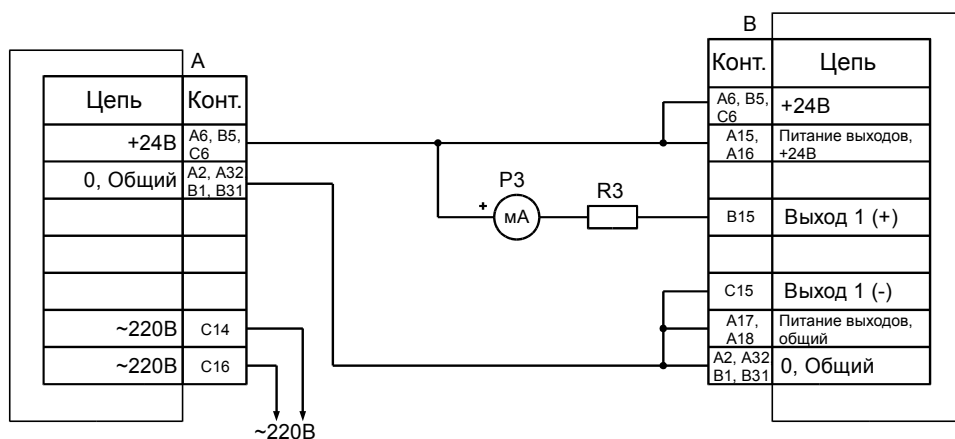
Для модуля МК32 с ПО версией 1.80 в системных настройках (DacExternalType) необходимо указать тип унифицированных токовых выходов.

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.



На рисунке 51 показана схема присоединения миллиамперметра для проведения калибровки унифицированных токовых выходов с гальванической изоляцией (вариант исполнения модуля МК32-DC-20-R2-RAM-PO).



- A** – МП24 или БП17
- B** – МК22
- R3** – резисторы (500±10) Ом, 0,5 Вт
- P3** – миллиамперметр постоянного тока (0-20) мА, кл. 0,2

Рисунок 51 - Схема включения модуля МК32 для калибровки и проверки унифицированного токового выхода вариант исполнения модуля МК32-DC-20-R2-RAM-PO

На рисунке 52 показан пример настройки калибровочных данных унифицированного токового выхода №1 в ПО ModuleConfigurator.

Параметр	Значение	Адрес
<b>Калибровочные данные</b>		
Нижнее значение диапазона тока выхода, мА	4,00	0x0F14
Верхнее значение диапазона тока выхода, мА	20,00	0x0F18
Нижнее значение ЦАП выхода	799	0x0F1C
Верхнее значение ЦАП выхода	3992	0x0F1E
<b>Прямое управление ЦАП</b>		
Значение ЦАП для прямого управления выходом	0	0x0E00

Рисунок 52 - Пример настройки калибровочных данных унифицированного токового выхода №1 в ПО ModuleConfigurator

## 5 Цифровые интерфейсы управления

Модуль МК32 поддерживает четыре независимых интерфейса управления:

- два интерфейса RS485 с частичной реализацией протокола ModBus RTU (достаточной для управления);
- интерфейс CAN2.0B (передача результатов измерения и состояния модуля контроля);
- ведомый интерфейс SPI для настройки параметров работы модуля.

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

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

### 5.1 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 для каждого из интерфейсов.

#### 5.1.1 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 18 - Возможные коды ошибок протокола ModBus

Код	Обозначение	Описание	Примечание
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	Нестандартный код ModBus

На рисунке 53 показан пример настройки интерфейса RS485 №1 в ПО ModuleConfigurator.

Параметр	Значение	Адрес
Разрешить работу интерфейса	ModbusRTU	0x1400
Разрешить изменение параметров командами по интерфейсу	<input checked="" type="checkbox"/>	0x1402
Разрешить операцию однократной записи	<input checked="" type="checkbox"/>	0x1404
Адрес устройства на шине RS485	11	0x1408
Разрешить поддержку широковещательного адреса	<input checked="" type="checkbox"/>	0x1406
Скорость обмена	230400	0x140A

Рисунок 53 - Пример настройки интерфейса RS485 №1 в ПО ModuleConfigurator

## 5.1.2 Поддерживаемые команды протокола ModBus

Таблица 19 - 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 20

Таблица 20 - 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)

### 5.1.3 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 0xFFFF. Только 8 бит данных используются для вычисления контрольной суммы (старт, стоп и биты паритета не используются в вычислении контрольной суммы).

### 5.1.4 Особенности управления по протоколу ModBusRTU

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.

### 5.1.5 Особенности управления по протоколу VibrobitRTU

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.

## 5.2 Интерфейс CAN2.0B

Интерфейс CAN2.0B предоставляет возможность передачи данных о состоянии модуля МК32 на блоки индикации и модули логики МК71. Модуль МК32 не поддерживает управление модулем по интерфейсу CAN2.0B.

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 40 кбит/с – 1000 метров.

### 5.2.1 Формат сообщений, передаваемых по CAN2.0B интерфейсу

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 21 - Коды сообщений интерфейса CAN2.0B при передаче основного измеряемого параметра

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 в течение 200 мс, 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.

На рисунках 54 и 55 показаны формат CAN сообщения основного измеряемого параметра и формат CAN сообщения сигнализации.

Номер байта в сообщении							
0	1	2	3	4	5	6	7
Код сообщения	Состояние модуля	Значение параметра (Float 4 байта)				Состояние канала измерения	
см. таблицу 21	DeviceStatus <7:0>					Status<15:0>	

Рисунок 54 - Формат CAN сообщения основного измеряемого параметра

Номер байта в сообщении							
0	1	2	3	4	5	6	7
Код сообщения	Резерв	Флаги состояния алгоритмов скачка		Флаги состояния уставок			
0x80	0x00	ControlJumpLatch	ControlJumpActive	ControlPoint			

Рисунок 55 - Формат CAN сообщения сигнализации

На рисунке 56 показан пример настройки интерфейса CAN2.0B в ПО ModuleConfigurator.

Параметр	Значение	Адрес
Разрешить работу интерфейса	<input checked="" type="checkbox"/>	0x1500
Скорость обмена	1000	0x1502
Адрес устройства на шине CAN2.0B	11	0x1504
Период отправки сообщений, сек	0,5	0x1506
<b>Отправка сообщений</b>		
Передавать флаги уставок и скачков	<input checked="" type="checkbox"/>	0x1508
Передача данных по каналу измерения 1	Основной измеряемый параметр	0x1508
Передача данных по каналу измерения 2	Основной измеряемый параметр	0x150A
Передача данных по каналу измерения 3	Основной измеряемый параметр	0x150C
Передача данных по каналу измерения 4	Отключено	0x150E

Рисунок 56 - Пример настройки интерфейса CAN2.0B в ПО ModuleConfigurator

### 5.3 Ведомый интерфейс SPI

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

Настройка модуля МК32 может производиться с помощью прибора наладчика ПН31, либо с помощью персонального компьютера. Для настройки с помощью персонального компьютера, должно быть запущено ПО ModuleConfigurator, а модуль подключен к персональному компьютеру через модуль диагностического интерфейса MC01 USB (интерфейс ПК USB), на персональном компьютере должны быть установлены драйвера виртуального COM порта.

Модуль МК32 предусматривает возможность «горячего» подключения/отключения прибора наладчика и модулей диагностического интерфейса MC01 USB.

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

### 5.4.1 Параметры каналов измерения и системные настройки модуля

Таблица 22 - Список регистров калибровочных данных каналов измерения

Название	Обозначение	Тип (байт)	Адрес (Hex)				Значение по умолчанию	Примечание
			Канал 1	Канал 2	Канал 3	Канал 4		
Нижнее значение диапазона тока датчика по постоянному току	ConstCurrentMin	Float (4)	0x0400	0x0500	0x0600	0x0700	0	
Верхнее значение диапазона тока датчика по постоянному току	ConstCurrentMax	Float (4)	0x0404	0x0504	0x0604	0x0704	0	
Диапазон измерения по СКЗ переменного сигнала (100%)	RangeRMS	Float (4)	0x0408	0x0508	0x0608	0x0708	0	
Диапазон измерения по размаху переменного сигнала (100%)	RangePP	Float (4)	0x040C	0x050C	0x060C	0x070C	0	
Номинальный коэффициент передачи датчика	NominalCoeffSensor	Float (4)	0x0410	0x0510	0x0610	0x0710		
Коррекция фазового сдвига, гр/Гц	PhaseCorrect	Float (4)	0x0414	0x0514	0x0614	0x0714	0,2375	
Применять обратное БПФ 11-го порядка для вычисления размаха 0 – Обратное БПФ 10-го порядка 1 – Обратное БПФ 11-го порядка	UseIFFT11	UInt (2)	0x0418	0x0518	0x0618	0x0718	0	
Данные АЦП с дополнительной платы, выбор канала 0 – Внешнее АЦП не используется 1 – Канал 1 внешнего АЦП 2 – Канал 2 внешнего АЦП 3 – Канал 3 внешнего АЦП 4 – Канал 4 внешнего АЦП	ExternalAdcChannel	UInt (2)	0x041A	0x051A	0x061A	0x071A	0	
Резерв, должен равняться нулю	Reserv	UInt (2)	0x041C	0x051C	0x061C	0x071C	0	
Применять 64-разрядную целочисленную математику 0 – 32-разрядная математика БПФ 1 – 64-разрядная математика БПФ	Use64bitLongCalc	UInt (2)	0x041E	0x051E	0x061E	0x071E	0	
Минимальное вычисляемое значение оборотной составляющей	ValueRpmMin	Float (4)	0x0420	0x0520	0x0620	0x0720	0	
Фильтрация НЧ шума в спектральной области 0 – Не выполнять 1 – Выполнять по таблице №1 2 – Выполнять по таблице №2	FilterNoiseLP	UInt (2)	0x0424	0x0524	0x0624	0x0724	0	
Резерв, должен равняться нулю	Reserv1	UInt (2) x 5	0x0426	0x0526	0x0626	0x0726	0	

## Продолжение таблицы 22

Название	Обозначение	Тип (байт)	Адрес (Hex)				Значение по умолчанию	Примечание
			Канал 1	Канал 2	Канал 3	Канал 4		
Номер нижней спектральной линии СКЗ переменного сигнала	LineRMS_Low	UInt (2)	0x0430	0x0530	0x0630	0x0730	8	
Номер верхней спектральной линии СКЗ переменного сигнала	LineRMS_High	UInt (2)	0x0432	0x0532	0x0632	0x0732	1003	
Номер нижней спектральной линии размаха переменного сигнала	LinePP_Low	UInt (2)	0x0434	0x0534	0x0634	0x0734	4	
Номер верхней спектральной линии размаха переменного сигнала	LinePP_High	UInt (2)	0x0436	0x0536	0x0636	0x0736	503	
Минимальный уровень энергии спектральной составляющей	RmsMinPower	Ulong (4)	0x0438	0x0538	0x0638	0x0738	100	
Нижнее калибровочное значение АЦП по постоянному току	ConstAdcMin	Ulong (4)	0x043C	0x053C	0x063C	0x073C	0	1
Верхнее калибровочное значение АЦП по постоянному току	ConstAdcMax	Ulong (4)	0x0440	0x0540	0x0640	0x0740	0	1
Значение АЦП. 5 % диапазона СКЗ измеряемого параметра	AdcRMS_5	Float (4)	0x0444	0x0544	0x0644	0x0744	0	1
Значение АЦП. 20 % диапазона СКЗ измеряемого параметра	AdcRMS_20	Float (4)	0x0448	0x0548	0x0648	0x0748	0	1
Значение АЦП. 100 % диапазона СКЗ измеряемого параметра	AdcRMS_100	Float (4)	0x044C	0x054C	0x064C	0x074C	0	1
Значение АЦП. 5 % диапазона СКЗ измеряемого параметра 1-й оборотной составляющей	AdcRMS1F_5	Float (4)	0x0450	0x0550	0x0650	0x0750	0	1
Значение АЦП. 20 % диапазона СКЗ измеряемого параметра 1-й оборотной составляющей	AdcRMS1F_20	Float (4)	0x0454	0x0554	0x0654	0x0754	0	1
Значение АЦП. 100 % диапазона СКЗ измеряемого параметра 1-й оборотной составляющей	AdcRMS1F_100	Float (4)	0x0458	0x0558	0x0658	0x0758	0	1
Значение АЦП. 5 % диапазона размаха измеряемого параметра	AdcPP_5	Float (4)	0x045C	0x055C	0x065C	0x075C	0	1
Значение АЦП. 20 % диапазона размаха измеряемого параметра	AdcPP_20	Float (4)	0x0460	0x0560	0x0660	0x0760	0	1
Значение АЦП. 100 % диапазона размаха измеряемого параметра	AdcPP_100	Float (4)	0x0464	0x0564	0x0664	0x0764	0	1
Значение АЦП. 5 % диапазона размаха измеряемого параметра 1-й оборотной составляющей	AdcPP1F_5	Float (4)	0x0468	0x0568	0x0668	0x0768	0	1
Значение АЦП. 20 % диапазона размаха измеряемого параметра 1-й оборотной составляющей	AdcPP1F_20	Float (4)	0x046C	0x056C	0x066C	0x076C	0	1
Значение АЦП. 100 % диапазона размаха измеряемого параметра 1-й оборотной составляющей	AdcPP1F_100	Float (4)	0x0470	0x0570	0x0670	0x0770	0	1
Резерв, должен равняться нулю	Reserv2	UInt (2) x 8	0x0474	0x0574	0x0674	0x0774	0	
Примечание — Если калибровочная информация отсутствует, все измеряемые параметры будут иметь значение нуля.								

Таблица 23 - Список регистров основных параметров каналов измерения

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



## Продолжение таблицы 23

Название	Обозначение	Тип (байт)	Адрес (Hex)				Значение по умолчанию	Примечание
			Канал 1	Канал 2	Канал 3	Канал 4		
Частотная зона 0	FZ0	STR (20)	0x0830	0x0930	0x0A30	0x0B30		
Разрешить вычисление, глубина усреднения: 0 – выключено 1 – нет усреднения 2-9 – уровень усреднения 10 – максимальное усреднение	Enabled	Uint (2)	0x0830	0x0930	0x0A30	0x0B30	0	
Разрешить использовать рабочую частоту вращения ротора: (0 - не разрешается)	UseDefaultFreq	Uint (2)	0x0832	0x0932	0x0A32	0x0B32	0	2
Нижнее значения частоты. Коэффициент А	MinFreqCoff_A	Float (4)	0x0834	0x0934	0x0A34	0x0B34	0	
Нижнее значения частоты. Коэффициент В	MinFreqCoff_B	Float (4)	0x0838	0x0938	0x0A38	0x0B38	0	
Верхнее значения частоты. Коэффициент А	MaxFreqCoff_A	Float (4)	0x083C	0x093C	0x0A3C	0x0B3C	0	
Верхнее значения частоты. Коэффициент В	MaxFreqCoff_B	Float (4)	0x0840	0x0940	0x0A40	0x0B40	0	
Частотная зона 1	FZ1	STR (20)	0x0844	0x0944	0x0A44	0x0B44		
Частотная зона 2	FZ2	STR (20)	0x0858	0x0958	0x0A58	0x0B58		
Частотная зона 3	FZ3	STR (20)	0x086C	0x096C	0x0A6C	0x0B6C		
Минимальная допустимая частота вращения ротора для вычисления оборотных составляющих, об/мин	VariableFreqLow	Float (4)	0x0880	0x0980	0x0A80	0x0B80	0	
Максимальная допустимая частота вращения ротора для вычисления оборотных составляющих, об/мин	VariableFreqHigh	Float (4)	0x0884	0x0984	0x0A84	0x0B84	0	
Описание канала	Description	Uchar (16)	0x0888	0x0988	0x0A88	0x0B88	0	
Единицы измерения	Units	Uchar (8)	0x0898	0x0998	0x0A98	0x0B98	0	
Источник захвата выборки сигнала 0 – Первичный сигнал без обработки 1 – Сигнал после интегратора	SamplingSignalSource	Uint (2)	0x08A0	0x09A0	0x0AA0	0x0BA0	0	
Допустимый уровень шума относительно постоянной составляющей интегратора	IntegratorNoise	Uint (2)	0x08A2	0x09A2	0x0AA2	0x0BA2	0	

## Продолжение таблицы 23

Название	Обозначение	Тип (байт)	Адрес (Hex)				Значение по умолчанию	Примечание
			Канал 1	Канал 2	Канал 3	Канал 4		
Глубина усреднения основного измеряемого параметра (от 0 до 9)	AveragDepth	Uint (2)	0x08A4	0x09A4	0x0AA4	0x0BA4	0	
Учитывать коэффициент передачи датчика (0 - не учитывать)	UseCoeffOfSensor	Uint (2)	0x08A6	0x09A6	0x0AA6	0x0BA6	0	3
Контролировать перегрузку по переменному току (0 – не контролировать)	OverloadControlEnabled	Uint (2)	0x08A8	0x09A8	0x0AA8	0x0BA8	0	3
Ограничивать результат максимально допустимым значением (0 – не ограничивать)	OverloadValueLimit	Uint (2)	0x08AA	0x09AA	0x0AAA	0x0BAA	0	3
Фактический коэффициент передачи датчика	ActualCoeffOfSensor	Float (4)	0x08AC	0x09AC	0x0AAC	0x0BAC	0	3
Максимально допустимое значение параметра	OverloadLevel	Float (4)	0x08B0	0x09B0	0x0AB0	0x0BB0	0	
Коэффициент подавления сигнала интегрирования (от 0.10 до 5.00)	IntegratorDampingFactor	Float (4)	0x08B4	0x09B4	0x0AB4	0x0BB4	0	
Применять адаптивный режим работы интегратора (0 – не применять)	IntegratorUseAdaptive	Uint (2)	0x08B8	0x09B8	0x0AB8	0x0BB8	0	
Проводить коррекцию АЧХ (0 – не проводить)	AFC_Enabled	Uint (2)	0x08BA	0x09BA	0x0ABA	0x0BBA	0	
Коррекция АЧХ. Первая запись в таблице коррекции АЧХ	AFC_LineStart	Uint (2)	0x08BC	0x09BC	0x0ABC	0x0BBC	0	4
Коррекция АЧХ. Последняя запись в таблице коррекции АЧХ	AFC_LineEnd	Uint (2)	0x08BE	0x09BE	0x0ABE	0x0BBE	0	4
Коррекция АЧХ. Номер записи базового значения	AFC_LineBase	Uint (2)	0x08C0	0x09C0	0x0AC0	0x0BC0	0	4, 5
Резерв, должен равняться нулю	Reserv	Uint (2)	0x08C2	0x09C2	0x0AC2	0x0BC2	0	
<p>Примечания</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1 Режим измерения частоты вращения ротора только для каналов измерения 1, 2.</li> <li>2 Частота из настройки канала измерения, если нет измерения частоты вращения ротора.</li> <li>3 Только при измерении переменных сигналов.</li> <li>4 Диапазон значений от 1 до 30.</li> <li>5 Должен быть между первой и последней записью (включительно).</li> </ol>								

Таблица 24 - Список регистров настройки виртуальных каналов измерения

Название	Обозначение	Тип (байт)	Адрес (Hex)				Значение по умолчанию	Примечание
			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 2 – вычитание аргумента 2 из аргумента 1	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	Argument2	Uint (2)	0x3506	0x3526	0x3546	0x3566	0	1
Маска неисправностей	MaskErrors	Uint (2)	0x3508	0x3528	0x3548	0x3568	0	2
Применять масштабирующий коэффициент (0 - не применять)	UseScaleFactor	Uint (2)	0x350A	0x352A	0x354A	0x356A	0	
Масштабирующий коэффициент	ScaleFactor	Float (4)	0x350C	0x352C	0x354C	0x356C	0	
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, должен равняться нулю	Reserv	Uchar (4)	0x351C	0x353C	0x355C	0x357C	0	
Примечания 1 Назначение битов аналогично аргументу 1. 2 Описание битового поля смотрите в таблице 45 регистр <code>CommonError</code> .								

Таблица 25 - Список регистров каналов измерения частоты

Название	Обозначение	Тип (байт)	Адрес (Hex)				Значение по умолчанию	Примечание
			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	
Угол установки датчика частоты вращения ротора (от 0 до 360)	AngleOfTheSensor	Float (4)	0x0D0C	0x0D2C			0	
Разрешение контроля стабилизации частоты (0 - выключено)	StableControl	Uint (2)	0x0D10	0x0D30			0	
Время стабилизации частоты (по 0.5 с)	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 26 - Список регистров настройки унифицированных выходов

Название	Обозначение	Тип (байт)	Адрес (Hex)				Значение по умолчанию	Примечание
			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	1
Нижнее значение диапазона параметра	ParameterMin	Float (4)	0x0F0C	0x0F2C	0x0F4C	0x0F6C	0	
Верхнее значение диапазона параметра	ParameterMax	Float (4)	0x0F10	0x0F30	0x0F50	0x0F70	0	
Нижнее значение диапазона тока выхода	OutCurrentMin	Float (4)	0x0F14	0x0F34	0x0F54	0x0F74	0	2
Верхнее значение диапазона тока выхода	OutCurrentMax	Float (4)	0x0F18	0x0F38	0x0F58	0x0F78	0	2
Нижнее значение ЦАП выхода (20% верхнего значения диапазона тока)	OutDacMin	Uint (2)	0x0F1C	0x0F3C	0x0F5C	0x0F7C	0	2
Верхнее значение ЦАП выхода	OutDacMax	Uint (2)	0x0F1E	0x0F3E	0x0F5E	0x0F7E	0	2
Примечания 1 Описание битового поля смотрите в таблице 45 регистр <code>CommonError</code> . 2 Калибровочная информация отсутствует, на унифицированный выход выключен.								

Таблица 27 - Список регистров управления унифицированным выходом

Название	Обозначение	Тип (байт)	Адрес (Hex)				Значение по умолчанию	Примечание
			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 4095. 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 28 - Таблица записей коррекции АЧХ (частота, АЧХ модуля)

Название	Обозначение	Тип (байт)	Адрес (Hex)	Значение по умолчанию	Примечание
Запись №01	AFC_Line_01	STR(8)	0x3200		
	Частота, Гц	Float(4)	0x3200	0	
	Амплитуда влияния модуля	Float(4)	0x3204	0	
Запись №02	AFC_Line_02	STR(8)	0x3208		
Запись №03	AFC_Line_03	STR(8)	0x3210		
...	...	...	...	...	...
Запись №30	AFC_Line_30	STR(8)	0x32E8		

Таблица 29 - Таблица записей коррекции АЧХ (АЧХ датчика, требуемое отклонение АЧХ)

Название	Обозначение	Тип (байт)	Адрес (Hex)	Значение по умолчанию	Примечание
Запись №01	AFC_ExtLine_01	STR(8)	0x3300		
	Амплитуда влияния датчика	Float(4)	0x3300	0	
	Требуемое отклонение АЧХ	Float(4)	0x3304	0	
Запись №02	AFC_ExtLine_02	STR(8)	0x3308		
Запись №03	AFC_ExtLine_03	STR(8)	0x3310		
...	...	...	...	...	...
Запись №30	AFC_ExtLine_30	STR(8)	0x33E8		

Примечание — Реализовано в версии 1.82 ПО модуля МК32.

Таблица 30 - Таблицы фильтров НЧ шума

Название	Обозначение	Тип (байт)	Адрес (Hex)		Значение по умолчанию
			№1	№2	
Спектральная линия №0	FilterNoiseLP_0	Float(4)	0x3000	0x3100	0
Спектральная линия №1	FilterNoiseLP_1	Float(4)	0x3004	0x3104	0
...	...	...	...	...	...
Спектральная линия №19	FilterNoiseLP_19	Float(4)	0x304C	0x314C	0

Таблица 31 - Информационные регистры

Название	Обозначение	Тип (байт)	Адрес (Hex)	Значение по умолчанию	Примечание
Данные ПО ModuleConfigurator	InformationModuleConfig	UChar(64)	0x3600	0	1

Примечание - Применяется для информации расположения перемычек на плате модуля МК22.

Таблица 32 - Список системных регистров

Название	Обозначение	Тип (байт)	Адрес (Hex)	Значение по умолчанию	Примечание
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	
Частота дискретизации выборок АЦП 0 – 4096 Гц (спектральное разрешение 1,0 Гц) 1 – 2048 Гц (спектральное разрешение 0,50 Гц) 2 – 1024 Гц (спектральное разрешение 0,25 Гц)	AdcSamplesDivider	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
Тип доступного внешнего АЦП 0 – Только внутренне АЦП (разрядность 12 бит) 1 – Дополнительная плата с АЦП AD7988 (разрядность 16 бит)	AdcExternalType	Uint (2)	0x0C10	0	
Разделять вычисления 1, 2 и 3, 4 каналов в отдельных циклах, время обновления 1 секунда. (0 – не разделять)	UseSeparateMainLoop	Uint (2)	0x0C12	0	5
Тип ЦАП унифицированных токовых выходов 0 – Отсутствует, токовые выходы не реализованы 1 – Один 4-х канальный ЦАП AD7398, установленный на плате модуля 2 – Четыре одноканальных ЦАП DAC7611, установленных на дополнительной плате	DacExternalType	Uint (2)	0x0C14	0	6
Резерв, должен равняться нулю	Reserv	Uint (2)x3	0x0C16	0	
<p>Примечания</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1 В случае ошибки считывания данных из энергонезависимой памяти всегда равен 15 (8 секунд).</li> <li>2 При значении равно 0 функция выключена.</li> <li>3 Время по 0,5 с (0 = 0,5 с).</li> <li>4 Если нижнее значение больше или равно верхнему, исследование формы контрольной поверхности для вычисления оборотных составляющих не проводится.</li> <li>5 Разделение может быть необходимо при применении 64-разрядной математики в каналах измерения.</li> <li>6 Реализовано в ПО модуля МК32 версии 1.80.</li> </ol>					

Таблица 33 - Список регистров настройки индикации

Название	Обозначение	Тип (байт)	Адрес (Hex)	Значение по умолчанию	Примечание
Разрешение индикации на ЖКИ (0 - выключено)	Enabled	Uint (2)	0x3400	0	
Резерв, должен равняться нулю	Reserv	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	ChannelOut_2	Uint (2)	0x3406	0	1
Ассоциируемый канал измерения с позицией вывода на ЖКИ 3	ChannelOut_3	Uint (2)	0x3408	0	1
Ассоциируемый канал измерения с позицией вывода на ЖКИ 4	ChannelOut_4	Uint (2)	0x340A	0	1
Основной формат отображения данных позиции 1 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_1	Uint (2)	0x340C	0	
Основной формат отображения данных позиции 2	FormatOut_2	Uint (2)	0x340E	0	2
Основной формат отображения данных позиции 3	FormatOut_3	Uint (2)	0x3410	0	2
Основной формат отображения данных позиции 4	FormatOut_4	Uint (2)	0x3412	0	2
Страница гистограммы, отображаемая первой	HistogrammMainPage	Uint (2)	0x3414	0	
Отображаемые страницы гистограммы: бит 0 – GN: Общий уровень бит 1 – LP: НЧ составляющая бит 2 – HP: ВЧ составляющая бит 3 – I: Ток датчика бит 4 – 1F: 1-я оборотная бит 5 – Ph 1F: Фаза 1-й оборотной бит 6 – 2F: 2-я оборотная бит 7 – Ph 2F: Фаза 2-й оборотной биты 8-15 – резерв, должны равняться нулю	HistogrammShow	Uint (2)	0x3416	0	
Резерв, должен равняться нулю	Reserv	Ulong (4)	0x3418	0	
Вывод данных в нормальном режиме, позиция 1 бит 0 – GN: Общий уровень бит 1 – LP: НЧ составляющая бит 2 – HP: ВЧ составляющая бит 3 – 1F: 1-я оборотная бит 4 – Ph 1F: Фаза 1-й оборотной бит 5 – 2F: 2-я оборотная бит 6 – Ph 2F: Фаза 2-й оборотной бит 7 – S 1F / 0.5F: Перемещение р-р на 1-й/0.5 оборотной бит 8 – S Ph 1F/Gap: Фаза перемещения 1-й оборотной / Зазор биты 9-10 – резерв, должны равняться нулю бит 11 – I: Ток датчика бит 12 – Freq: Частота бит 13 – Jump: Скачок параметра бит 14 – Serr: Неисправность канала бит 15 – резерв, должен равняться нулю	NormalShow_1	Uint (2)	0x341C	0	
Вывод данных в нормальном режиме, позиция 2	NormalShow_2	Uint (2)	0x341E	0	3
Вывод данных в нормальном режиме, позиция 3	NormalShow_3	Uint (2)	0x3420	0	3
Вывод данных в нормальном режиме, позиция 4	NormalShow_4	Uint (2)	0x3422	0	3
<p>Примечания</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1 Назначение битовых полей регистра аналогично ChannelOut_1.</li> <li>2 Значения регистра аналогично FormatOut_1.</li> <li>3 Назначение битовых полей регистра аналогично NormalShow_1.</li> <li>4 Значения по умолчанию соответствуют отключенной индикации на ЖКИ.</li> </ol>					



Таблица 34 - Список регистров настройки уставок

Название	Обозначение	Тип (байт)	Адрес (Hex)	Значение по умолчанию	Примечание
Уставка 1	TestPoint_01	STR(16)	0x1800		
Режим работы уставки 0 - выключена 1 - контроль «вверх» 2 - контроль «вниз»	CheckMode	Uint (2)	0x1800	0	
Адрес параметра (согласно таблицам результатов измерения)	ParameterAddress	Uint (2)	0x1802	0	
Маска неисправностей	ParameterCheckErrors	Uint (2)	0x1804	0	1
Время детектирования перехода через уставку по 0.5 с	TimeOut	Uint (2)	0x1806	0	
Значение уставки	CheckValue	Float (4)	0x1808	0	
Гистерезис по уставке	CheckValueHist	Float (4)	0x180C	0	
Уставка 2	TestPoint_02	STR(16)	0x1810		
Уставка 3	TestPoint_03	STR(16)	0x1820		
...	...	...	...	...	...
Уставка 32	TestPoint_32	STR(16)	0x19F0		
Примечание - Описание битового поля смотрите в таблице 51 регистр CommonError.					

Таблица 35 - Список регистров настройки контроля скачка параметров

Название	Обозначение	Тип (байт)	Адрес (Hex)	Значение по умолчанию	Примечание
Контроль скачка 1	JumpPoint_01	STR(24)	0x1B00		
Режим работы алгоритма 0 - выключен 1 - увеличение, уменьшение значения 2 - только увеличение значения	Enabled	Uint (2)	0x1B00	0	
Тайм аут инициализации по 0.5с	TimeOutInit	Uint (2)	0x1B02	0	
Тайм аут стабилизации по 0.5с	TimeOutStable	Uint (2)	0x1B04	0	
Время активного состояния по 0.5с	TimeOutActive	Uint (2)	0x1B06	0	
Адрес параметра (согласно таблицам результатов измерения)	ParameterAddress	Uint (2)	0x1B08	0	
Маска неисправностей	ParameterCheckErrors	Uint (2)	0x1B0A	0	1
Чувствительность алгоритма скачка	ValueSense	Float (4)	0x1B0C	0	
Минимальный уровень скачка	CheckValueHist	Float (4)	0x1B10	0	
Резерв, всегда равен нулю	Reserv	Ulong(4)	0x1B14	0	
Контроль скачка 2	JumpPoint_02	STR(24)	0x1B18		
Контроль скачка 3	JumpPoint_03	STR(24)	0x1B30		
...	...	...	...	...	...
Контроль скачка 8	JumpPoint_08	STR(24)	0x1BA8		
Примечание - Описание битового поля смотрите в таблице 51 регистр CommonError.					

Таблица 36 - Список регистров настройки логической сигнализации

Название	Обозначение	Тип (байт)	Адрес (Hex)	Значение по умолчанию	Примечание
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 37 - 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 38 - Основные регистры и их обозначения 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 39 - Обозначения флагов выхода параметра за уставки, флагов обнаружения скачка

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				
...	...				
31	Rtp.30				
32	Rtp.31				

### 5.4.2 Интерфейсы связи

Таблица 40 - Список регистров интерфейса RS485

Название	Обозначение	Тип (байт)	Адрес (Hex)		Значение по умолчанию
			№1	№2	
Разрешить работу интерфейса 0 – выключено 1 – VibrobitRTU 2 - ModbusRTU	Enabled	Uint (2)	0x1400	0x3700	0
Разрешить изменения параметров работы модуля командами по интерфейсу RS485 (0 – изменения запрещены)	ChangeEna	Uint (2)	0x1402	0x3702	0
Разрешить операцию однократной записи (0 – операция запрещена)	OnWriteEna	Uint (2)	0x1404	0x3704	0
Разрешить поддержку широковещательного адреса (0 – поддержки нет)	CommAddrEna	Uint (2)	0x1406	0x3706	0
Адрес устройства на шине RS485 (от 1 до 247)	Address	Uint (2)	0x1408	0x3708	1
Скорость обмена, бит/с 0 – 4800; 1 – 9600; 2 – 19200; 3 – 38400; 4 – 57600; 5 – 115200; 6 – 230400	Speed	Uint (2)	0x140A	0x370A	0
Примечание - Параметры интерфейса RS485 вступают в силу только после переинициализации интерфейса.					

Таблица 41 - Список стандартных регистров интерфейса CAN2.0B

Название	Обозначение	Тип (байт)	Адрес (Hex)	Значение по умолчанию	Примечание
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 0.5 с	PeriodSend	Uint (2)	0x1506	0	1
Передача данных по каналу измерения 1 биты 0-8 0 – Данные не передаются 1 – Основной измеряемый параметр 2 – 1-я оборотная составляющая  биты 9-14 – резерв, должны равняться нулю бит 15 – Флаги уставок и скачков	DataSend_1	Uint (2)	0x1508	0	
Передача данных по каналу измерения 2	DataSend_2	Uint (2)	0x150A	0	2
Передача данных по каналу измерения 3	DataSend_3	Uint (2)	0x150C	0	2
Передача данных по каналу измерения 4	DataSend_4	Uint (2)	0x150E	0	2
Примечания 1 Время по 0,5 с (0 = 0,5 с). 2 Аналогично каналу 1, кроме бита 15 – резерв, должен равняться нулю. 3 Параметры интерфейса CAN2.0B вступают в силу только после переинициализации интерфейса.					

### 5.4.3 Идентификационная информация

Таблица 42 - Список регистров идентификационной информации о модуле

Название	Обозначение	Тип (байт)	Адрес (Hex)	Значение по умолчанию	Примечание
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 43 - Список регистров идентификационной информации о ПО модуля

Название	Обозначение	Тип (байт)	Адрес (Hex)	Значение по умолчанию	Примечание
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.					

## 5.4.4 Результаты измерений

Таблица 44 - Список регистров результатов измерений АЦП (применяется для калибровки)

Название	Обозначение	Тип (байт)	Адрес (Hex)				Примечание
			Канал 1	Канал 2	Канал 3	Канал 4	
Значение АЦП по постоянному току	Constant	Ulong (4)	0x0300	0x0324	0x0348	0x036C	
Значение АЦП СКЗ переменного тока в диапазоне (10 - 1000) Гц	VariableRms	Float (4)	0x0304	0x0328	0x034C	0x0370	
Значение АЦП размаха переменного тока в диапазоне (5 - 500) Гц	VariableVpp	Float (4)	0x0308	0x032C	0x0350	0x0374	
Значение АЦП СКЗ(размаха) переменного тока зоны 0	FZ0_Variable	Float (4)	0x030C	0x0330	0x0354	0x0378	
Значение АЦП СКЗ(размаха) переменного тока зоны 1	FZ1_Variable	Float (4)	0x0310	0x0334	0x0358	0x037C	
Значение АЦП СКЗ(размаха) переменного тока зоны 2	FZ2_Variable	Float (4)	0x0314	0x0338	0x035C	0x0380	
Значение АЦП СКЗ(размаха) переменного тока зоны 3	FZ3_Variable	Float (4)	0x0318	0x033C	0x0360	0x0384	
Значение АЦП СКЗ(размаха) 1-й оборотной	VariableRpm1F	Float (4)	0x031C	0x0340	0x0364	0x0388	
Значение АЦП по постоянному току - минимальное значение выборки	ConstantTestSenseMin	Uint (2)	0x0320	0x0344	0x0368	0x038C	1
Значение АЦП по постоянному току - максимальное значение выборки	ConstantTestSenseMax	Uint (2)	0x0322	0x0346	0x036A	0x038E	1
Примечание - 1 Применяется для контроля исправности канала измерения.							

Таблица 45 - Список регистров результатов по каналам измерения

Название	Обозначение	Тип (байт)	Адрес (Hex)				Примечание
			Канал 1	Канал 2	Канал 3	Канал 4	
Ток датчика	CurrentSense	Float (4)	0x0000	0x0030	0x0060	0x0090	
Постоянная составляющая параметра	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	

## Продолжение таблицы 45

Название	Обозначение	Тип (байт)	Адрес (Hex)				Примечание
			Канал 1	Канал 2	Канал 3	Канал 4	
Статус канала измерения	Status:32	Ulong (4)	0x0020	0x0050	0x0080	0x00B0	
Канал измерения включен	Enabled	bit 0					
Режим работы канала измерения	Mode	bit 1-3					
Ток датчика ниже допустимого уровня	CurrentSenseLow	bit 4					
Ток датчика выше допустимого уровня	CurrentSenseHigh	bit 5					
Инициализация канала измерения, блокировка уставок	FlagInitialization	bit 6					
Проведено исследование формы контрольной поверхности	VariableCompensationReady	bit 7					
Ожидание проведения исследования формы контрольной поверхности	VariableStadyWait	bit 8					
Выполнение исследования формы контрольной поверхности	VariableStadyExecute	bit 9					
Обратное БПФ 11-го порядка при вычислении размаха сигнала	UseIFFT11	bit 10					
Перегрузка по переменному сигналу	OverloadAC	bit 11					
Выборка сигнала с дополнительной платы АЦП	UseAdcExternal	bit 12					
Применение 64-х разрядной целочисленной математики в алгоритмах ЦОС	Use64bitLongCalculation	bit 13					
вычисление постоянной составляющей	CalculationConstValue	bit 14					
Оборотные составляющие не вычисляются	NoCalcRpmValue	bit 15					
Учитывать коэффициент передачи датчика	UseCoeffOfSensor	bit 16					
Выполняется коррекция АЧХ	AFC_Enabled	bit 17					
Ошибка в настройках коррекции АЧХ	AFC_SettingsError	bit 17					
Резерв, равны нулю	Unused	bit 18-31					
Длительность вычислений, мс	TimeCalculation_ms	Uint (2)	0x0024	0x0054	0x0084	0x00B4	
Резерв, равен нулю	Reserv	UChar (10)	0x0026	0x0056	0x0086	0x00B6	

Таблица 46 - Список регистров дополнительных сведений по каналам измерения

Название	Обозначение	Тип (байт)	Адрес (Hex)				Примечание
			Канал 1	Канал 2	Канал 3	Канал 4	
СКЗ основного параметра	ValueRMS	Float (4)	0x3800	0x3900	0x3A00	0x3B00	1
СКЗ 1-й оборотной составляющей	ValueRMS1F	Float (4)	0x3804	0x3904	0x3A04	0x3B04	1
Размах переменного сигнала	ValuePP	Float (4)	0x3808	0x3908	0x3A08	0x3B08	1
Размах 1-й оборотной составляющей	ValuePP1F	Float (4)	0x380C	0x390C	0x3A0C	0x3B0C	1
Множитель коррекции коэффициента передачи датчика	CoeffOfSensor	Float (4)	0x3810	0x3910	0x3A10	0x3B10	
Расчетный коэффициент А тока датчика	CurrentCoff_A	Float (4)	0x3814	0x3914	0x3A14	0x3B14	
Расчетный коэффициент В тока датчика	CurrentCoff_B	Float (4)	0x3818	0x3918	0x3A18	0x3B18	
Расчетный коэффициент А параметра по постоянному току	ConstCoff_A	Float (4)	0x381C	0x391C	0x3A1C	0x3B1C	
Расчетный коэффициент В параметра по постоянному току	ConstCoff_B	Float (4)	0x3820	0x3920	0x3A20	0x3B20	
Счетчик времени блокировки канала измерения (служебный)	InitTimeOutCount	UInt (2)	0x3824	0x3924	0x3A24	0x3B24	
Счетчик алгоритма исследования поверхности (служебный)	VariableStudyCount	UInt (2)	0x3826	0x3926	0x3A26	0x3B26	
Номер нижней спектральной линии СКЗ переменного сигнала	LineRMS_Low	UInt (2)	0x3828	0x3928	0x3A28	0x3B28	
Номер верхней спектральной линии СКЗ переменного сигнала	LineRMS_High	UInt (2)	0x382A	0x392A	0x3A2A	0x3B2A	
Номер нижней спектральной линии размаха переменного сигнала	LinePP_Low	UInt (2)	0x382C	0x392C	0x3A2C	0x3B2C	
Номер верхней спектральной линии размаха переменного сигнала	LinePP_High	UInt (2)	0x382E	0x392E	0x3A2E	0x3B2E	
Глубина усреднения основного измеряемого параметра	AveragDepth	UInt (2)	0x3830	0x3930	0x3A30	0x3B30	
Индекс следующей записи в таблице усреднения	AveragTableIndex	UInt (2)	0x3832	0x3932	0x3A32	0x3B32	
Таблица усреднения основного измеряемого параметра	AveragTable	Float (4) x 10	0x3834	0x3934	0x3A34	0x3B34	
Расчетные коэффициенты СКЗ переменного сигнала	Coeff_RMS	STR(40)	0x385C	0x395C	0x3A5C	0x3B5C	2
Расчетные коэффициенты СКЗ оборотных составляющих сигнала	Coeff_RMS1F	STR(40)	0x3884	0x3984	0x3A84	0x3B84	2
Расчетные коэффициенты размаха пик-пик переменного сигнала	Coeff_PP	STR(40)	0x38AC	0x39AC	0x3AAC	0x3BAC	2
Расчетные коэффициенты размаха пик-пик оборотных составляющих сигнала	Coeff_PP1F	STR(40)	0x38D4	0x39D4	0x3AD4	0x3BD4	2
Номер канала внешнего АЦП	ExternalAdcChannel	UInt (2)	0x38FC	0x39FC	0x3AFC	0x3BFC	
Номер применяемой таблицы фильтра НЧ шума	FilterNoiseLP	UInt (2)	0x38FE	0x39FE	0x3AFE	0x3BFE	
Примечания 1 Вычисление параметра осуществляется без учета флагов неисправности канала измерения. 2 Информация о структуре полей расчетных коэффициентов предоставляется по запросу.							



Таблица 47 - Список регистров оборотных составляющих каналов измерения с шагом 1/2 оборотной

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

Таблица 48 - Список регистров оборотных составляющих каналов измерения с шагом 1/4 оборотной

Название	Обозначение	Тип (байт)	Адрес (Hex)				Примечание
			Канал 1	Канал 2	Канал 3	Канал 4	
СКЗ/размах оборотных составляющих физических каналов измерения (40 составляющих с 1/4 оборотной по 10 оборотную с шагом 1/4 оборотной)	VariableQuarterMag	Float (4) x 40	0x6000	0x6100	0x6200	0x6300	
Фаза оборотных составляющих физических каналов измерения (40 составляющих с 1/4 оборотной по 10 оборотную с шагом 1/4 оборотной)	VariableQuarterPhase	Float (4) x 40	0x6400	0x6500	0x6600	0x6700	

Таблица 49 - Список регистров результатов измерения частоты вращения

Название	Обозначение	Тип (байт)	Адрес (Hex)		Примечание
			Канал 1	Канал 2	
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	
Флаги алгоритма измерения частоты вращения	Status:16	Uint (2)	0x00CC	0x00DC	
Канал измерения частоты включен	Enabled	bit 0			
Повторять импульсы синхронизации	GeneratePulses	bit 1			
Полярность импульсов синхронизации	PolarityPulses	bit 2			
Детектирование стабилизации частоты включено	StableEnabled	bit 3			
Нет импульсов синхронизации (СТОП)	NoInputPulses	bit 4			
Служебный	WaitNextPulses	bit 5			
Служебный	WaitNormalWork	bit 6			
Частота стабильна	StableFrequency	bit 7			
Резерв, равны нулю	Unused	bit 8-15			
Резерв, равен нулю	Reserv	Uint (2)	0x00CE	0x00DE	
Принятое число импульсов на оборот ротора	Tooth	Uint (2)	0x3C00	0x3D00	

Таблица 50 - Список регистров измерения оборотных составляющих

Название	Обозначение	Тип (байт)	Адрес (Hex)	Примечание
Значение частоты, Гц	FrequencyHz	Float (4)	0x3E00	
Значение частоты, об/мин	FrequencyRpm	Float (4)	0x3E04	
Флаги алгоритма измерения частоты вращения	Status:16	Uint (2)	0x3E08	
Частота вращения ротора не определена	NoFrequencyCalc	bit 0		
Частота вращения ротора не стабильна	NoFrequencyStable	bit 1		
Канал синхронизации	ChannelSynchro	bit 2		
Резерв, равен нулю	Unused	bit 3		
Выполняется сбор данных	ExecRpmSampling	bit 4		
Ожидание синхросигнала с канала 1	WaitSynchro_CH0	bit 5		
Ожидание синхросигнала с канала 2	WaitSynchro_CH1	bit 6		
Поддержка вычисления ¼ составляющих	RpmMode_025F	bit 7		
Режим захвата 000 – нет выборок 001 – 1 оборот ротора 010 – 2 оборота ротора 011 - 4 оборота ротора	RpmSampling	bit 8-10		
Резерв, равны нулю	Unused	bit 11-15		
	Reserv	Uint (2)	0x3E0A	
	SampleFrequencyHz	Float (4)	0x3E0C	

Таблица 51 - Список системных регистров

Название	Обозначение	Тип (байт)	Адрес (Hex)	Примечание
Статус модуля контроля	DeviceStatus:16	Uint (2)	0x00E0	
Ошибка EEPROM	ErrorExternalEEPROM	bit 0		
Ошибка ОЗУ	ErrorExternalSRAM	bit 1		
Ошибка АЦП	ErrorInternalADC	bit 2		
Ошибка загрузки данных	ErrorLoadDataCRC	bit 3		
Загрузка данных из резервной секции	WarningLoadData	bit 4		
Защита записи EEPROM	LockExternalEEPROM	bit 5		
Ошибка идентификационной информации модуля	BadIdDeviceData	bit 6		
Ошибка формулы логических выходов	ErrorLogicFormula	bit 7		
Интерфейс RS485 №2 выключен	OffInterfaceRS485_2	bit 8		
Все каналы измерения выключены	OffAllChannel	bit 9		
Интерфейс RS485 №1 выключен	OffInterfaceRS485_1	bit 10		
Интерфейс CAN выключен	OffInterfaceCAN	bit 11		
Блокировка логических выходов по старту модуля	FlagStartLoad	bit 12		
Блокировка логических выходов пользователем	FlagUserLogicBlock	bit 13		
Допуск на одиночную запись RS485 №1	FlagAllowOneWrite_1	bit 14		
Допуск на одиночную запись RS485 №2	FlagAllowOneWrite_2	bit 15		
Регистр ошибок модуля контроля	CommonError:16	Uint (2)	0x00E2	
Неисправность канала измерения 1	Channel_0	bit 0		
Неисправность канала измерения 2	Channel_1	bit 1		
Неисправность канала измерения 3	Channel_2	bit 2		
Неисправность канала измерения 4	Channel_3	bit 3		
Нет импульсов синхронизации по каналу измерения частоты 1	NoFrequency_0	bit 4		
Нет импульсов синхронизации по каналу измерения частоты 1	NoFrequency_1	bit 5		
Частота вращения ротора не определена	NoFrequencyCalc	bit 6		
Частота вращения ротора не стабильна	NoFrequencyStable	bit 7		
Состояние логического входа 1	InputLogic	bit 8		
Инверсное состояние логического входа 1	InputLogicInvert	bit 9		
Доступен интерфейс RS485 №2	AllowModbusR2	bit 10		
Длительность вычислений больше длительности измерительного цикла	OverTimeMainCycle	bit 11		
Неисправность виртуального канала 1	VChannel_0	bit 12		
Неисправность виртуального канала 2	VChannel_1	bit 13		
Неисправность виртуального канала 3	VChannel_2	bit 14		
Неисправность виртуального канала 4	VChannel_3	bit 15		
Флаги обнаружения скачка (защелки) биты 0-7 – алгоритмы скачка 1-8 биты 8-31 – резерв, равны нулю	ControlJumpLatch	Ulong (4)	0x00E4	
Флаги обнаружения скачка (активное состояние) биты 0-7 – алгоритмы скачка 1-8 биты 8-31 – резерв, равны нулю	ControlJumpActive	Ulong (4)	0x00E8	
Флаги выхода параметра за уставки биты 0-31 – алгоритмы уставок 1-32	ControlPoint	Ulong (4)	0x00EC	

## Продолжение таблицы 51

Название	Обозначение	Тип (байт)	Адрес (Hex)	Примечание
Состояния логических выходов биты 0-13 – логические выходы 1-14 бит 14 – светодиод 'War' бит 15 – светодиод 'Alarm'	LogicOutStatus	Ulong (4)	0x00F0	1
Загруженность процессора, %	UtilizationCPU	Float (4)	0x00F4	
Частота дискретизации выборок АЦП 0 – 4096 Гц (спектральное разрешение 1,0 Гц) 1 – 2048 Гц (спектральное разрешение 0,50 Гц) 2 – 1024 Гц (спектральное разрешение 0,25 Гц)	AdcSamplesDivider	Uint (2)	0x00F8	
Тип доступного внешнего АЦП 0 – Только внутренне АЦП (разрядность 12 бит) 1 – Дополнительная плата с АЦП AD7988 (разрядность 16 бит)	AdcExternalType	Uint (2)	0x00FA	
Счетчик основного цикла АЦП	AdcMainCounter	Uint (2)	0x00FC	
Регистр статуса цикла измерений (служебный)	MeasurStatus	Uint (2)	0x00FE	
Флаги ошибок чтения секций данных из энергонезависимой памяти (служебный)	ReadSectionError	Ulong (4)	0x0100	
Флаги чтения секций данных из резервной области энергонезависимой памяти (служебный)	ReadSectionWarning	Ulong (4)	0x0104	
Тип ЦАП унифицированных токовых выходов 0 – Отсутствует, токовые выходы не реализованы 1 – Один 4-х канальный ЦАП AD7398, установленный на плате модуля 2 – Четыре одноканальных ЦАП DAC7611, установленных на дополнительной плате	DacExternalType	Uint (2)	0x0108	
Резерв, равен нулю	Reserv	Uint (2)	0x010A	
Примечание - 1 На регистр состояния логических выходов не распространяется действия флагов блокировки логической сигнализации.				

Таблица 52 - Список регистров фильтра шума НЧ, текущее значение энергии спектральных линий

Название	Обозначение	Тип (байт)	Адрес (Hex)	Примечание
Спектральная линия №00	Line_00	Float (4)	0x0200	
Спектральная линия №01	Line_01	Float (4)	0x0204	
...	...	...	...	...
Спектральная линия №19	Line_19	Float (4)	0x024C	
Примечания 1 Энергия спектральных линий в размерности АЦП до извлечения корня квадратного. 2 В нормальном состоянии значения равно нулю. 3 Для передачи спектральных линий требуемого канала измерения необходимо выполнить соответствующую команду. 4 Длительность вывода данных по выбранному каналу измерения 10 минут.				

Таблица 53 - Список регистров выборки исходного сигнала и его спектра

Название	Обозначение	Тип (байт)	Адрес (Hex)
<p>Регистр управления (только запись)</p> <p>биты 1:0 – Номер канала измерения</p> <p>бит 2 – вид запроса (0 – сигнал; 1 - спектр)</p> <p>бит 3 – период запроса сигнала (0 – 500 мс; 1 – 50 мс), при запросе спектра не имеет значения</p> <p>бит 4 – выполнить запрос данных</p> <p>бит 5 – отменить текущее задание (имеет более высокий приоритет чем запрос данных)</p> <p>бит 6 - запрос коррекции АЧХ (с версии 1.82 ПО модуля)</p> <p>биты 15:7 – резерв (должны равняться 0)</p>	SampleTask	Uint (2)	0xFF0F
<p>Регистр статуса (только чтение):</p> <p>биты 1:0 – Номер канала измерения</p> <p>бит 2 – вид запроса (0 – сигнал; 1 - спектр)</p> <p>бит 3 – период запроса сигнала (0 – 500 мс; 1 – 50 мс), при запросе спектра не имеет значения</p> <p>бит 4 – выполняется задание, по готовности данных сбрасывается в 0</p> <p>бит 5 – ожидание захвата данных</p> <p>бит 6 – ожидание вычисления данных</p> <p>бит 7 – задание выполнено, можно считывать данные (при новом запросе данных автоматически сбрасывается в нуль)</p> <p>бит 8 – Отмена текущего задания</p> <p>бит 9 – Новое задание отклонено т.к. не выполнено предыдущее (выполнение текущего задания не прерывается)</p> <p>бит 10 – статус вычисления данных (служебный бит)</p> <p>биты 15:11 – резерв, всегда равны 0</p>	SampleStatus	Uint (2)	0x3F00
<p>Результат запроса данных (только чтение)</p> <p><u>Исходный сигнал представляется в МА:</u></p> <p>2048 выборок за 0.5 с или 50 мс</p> <p><u>Спектр сигнала:</u></p> <p>Составляющие спектра 0 - 1024 Гц (разрешение 1 Гц), СКЗ мм/с или мкм</p>	SampleData	Float(4)	от 0x4000 до 0x5FFC
<p>Примечания</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1 Запись в регистр управления производится по правилам управляющей команды (бит 7 SampleStatus автоматически сбрасывается).</li> <li>2 Нулевую и первую гармонику запрашиваемого спектра рекомендуется обнулить перед построением графика и не учитывать в анализе.</li> <li>3 При запросе спектра постоянная составляющая размещается по адресу 0x4000 и далее. Не используемая область буфера захвата данных обнуляется и может не считываться.</li> <li>4 Данные в буфере захвата данных сохраняются до следующего запроса.</li> </ol>			

#### 5.4.5 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 54 - Список управляющих регистров

Адрес регистра (Hex)	Записываемое значение (Hex)	Действие	Примечание
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 №1	2, 3
	0x94	Выполнить повторную инициализацию интерфейса RS485 №2	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	
0xFF08	0xA1	Включить канал измерения 1	4
	0xA2	Включить канал измерения 2	4
	0xA3	Включить канал измерения 3	4
	0xA4	Включить канал измерения 4	4
0xFF09	0x31	Отключить канал измерения 1	4
	0x32	Отключить канал измерения 2	4
	0x33	Отключить канал измерения 3	4
	0x34	Отключить канал измерения 4	4
0xFF0A	0x40	Не выводить данные энергий спектральных составляющих	5
	0x41	Вывод энергий спектральных составляющих канала измерения 1	5
	0x42	Вывод энергий спектральных составляющих канала измерения 2	5
	0x43	Вывод энергий спектральных составляющих канала измерения 3	5
	0x44	Вывод энергий спектральных составляющих канала измерения 4	5
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 Выполняется изменение регистра `Enabled` соответствующего канала измерения, сохранение в энергонезависимой памяти и повторная инициализация канала измерения.
- 5 Вывод данных выполняется в регистры таблицы 52.

## Продолжение таблицы 54

Адрес регистра (Hex)	Записываемое значение (Hex)	Действие	Примечание
0xFF06		Запись параметров работы в энергонезависимую память модуля	1, 2
	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	
	0x48	Таблица №1 фильтра НЧ шума	
	0x49	Таблица №2 фильтра НЧ шума	
	0x4A	Таблица коррекции АЧХ (частота, модуль)	
	0x4B	Таблица коррекции АЧХ (датчик, требуемое отклонение)	3
	0x4C	Основные параметры модуля	
	0x4D	Параметры каналов синхронизации	
	0x4E	Параметры интерфейса RS485 №1	
	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	
	0x55	Параметры интерфейса RS485 №2	
	0x56	Параметры виртуальных каналов измерения	
	0x58	Информационные регистры	
	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	1, 4
<p>Примечания</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Логическая сигнализация должна быть заблокирована.</li> <li>2. После записи перезагрузка модуля не выполняется.</li> <li>3. Реализовано с версии 1.82 ПО модуля МК32.</li> <li>4. Во время записи работа модуля останавливается. После записи автоматически выполняется сброс модуля.</li> </ol>			

## 6 Программное обеспечение

Специализированной программой для настройки модуля контроля МК32 является ПО ModuleConfigurator, которая имеет удобный интерфейс и возможность доступа ко всем параметрам модуля. Для работы программы настройки необходимо подключить модуль МК32 к персональному компьютеру через модуль диагностического интерфейса MC01 USB или по интерфейсам RS485.

Основные особенности программы:

- возможность наблюдения в реальном времени текущих показаний индикатора и сигнализации МК32;
- настройка всех параметров каналов измерения, интерфейсов связи и общих параметров модуля;
- генерация текстового отчета настроек логической сигнализации и всего модуля в целом;
- загрузка/сохранение настроек в файл;
- калибровка входа;
- калибровка унифицированного выхода и тестового сигнала.

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

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

Перед соединением с модулем МК32 в ПО ModuleConfigurator необходимо выбрать настройку МК32 V1.70.



## **7 Техническое обслуживание**

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

- техническое обслуживание аппаратуры;
- текущий ремонт;
- методика поверки.

**Приложение А**  
(обязательное)  
**Расположение органов регулировки**

Варианты исполнения  
МК32-DC-R2, МК32-DC-20-R2

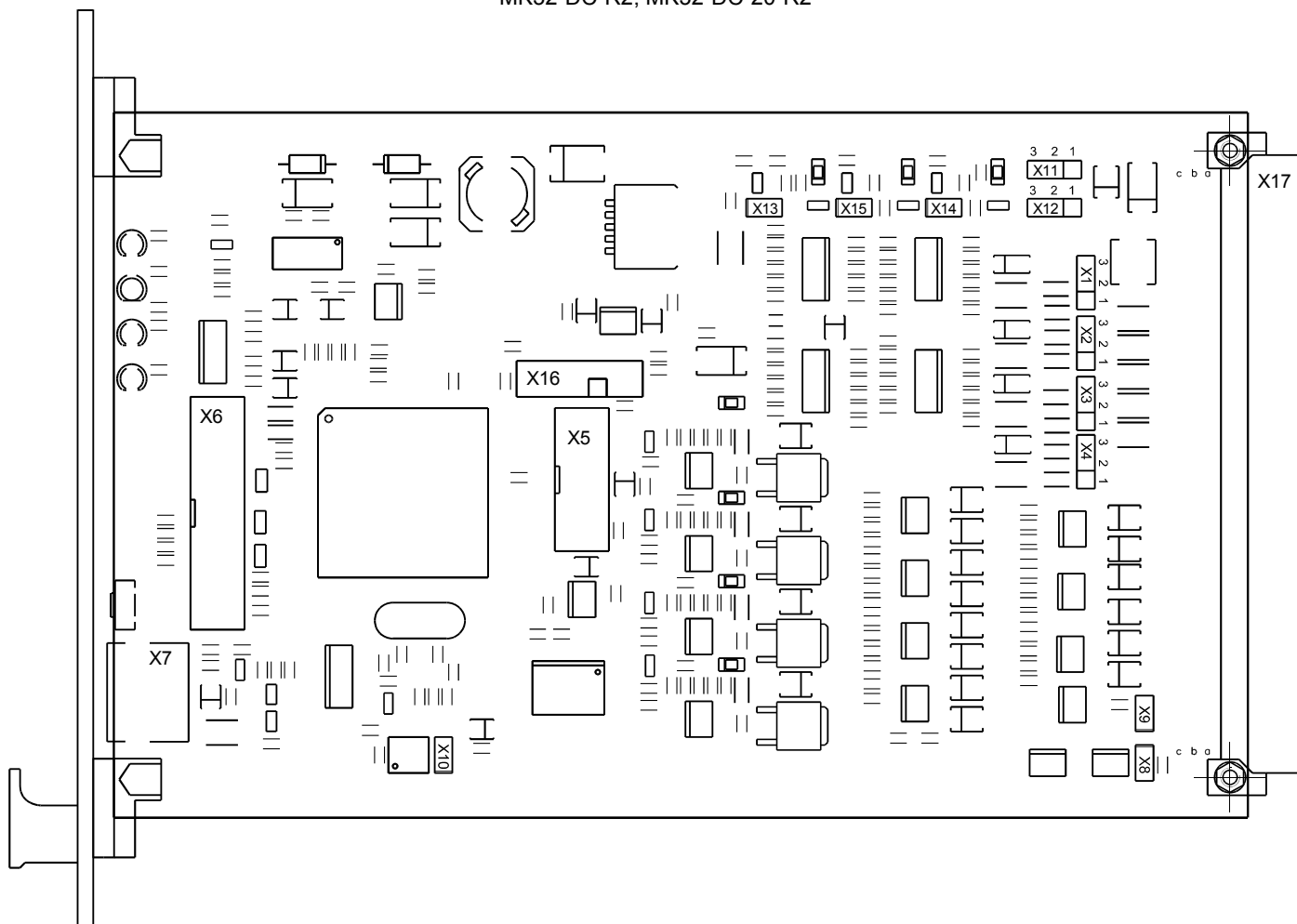


Рисунок А.1 - Расположение элементов на плате модуля

## Назначение разъемов

Обозначение	Назначение
X17	Основной коммутационный разъем
X5	Последовательный интерфейс подключения индикатора лицевой панели модуля
X6	Параллельный интерфейс, резерв
X7	Диагностический интерфейс, D.port
X16	Программирование микропроцессора, служебный

## Переключатели X1, X2, X3, X4

Выбор режима работы каналов измерения 1, 2, 3, 4 (соответственно)

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

## Переключатели X8, X9

Терминатор 120 Ом шины RS485 №1, CAN2.0В (соответственно)

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

## Переключатели X11, X12

Выбор источника импульсов синхронизации для канала измерения 1, 2 соответственно

Положение	Режим
1-2	Синхронизация от входа Input CH1 (2)
2-3	Синхронизация от входа Fin 1 (2)

## Переключатель X13

Подключение подтягивающего резистора к логическому входу

Положение	Режим
Снята	Подтягивающий резистор отключен
Установлена	Подтягивающий резистор подключен

## Переключатель X14, X15

Подключение подтягивающего резистора к каналам синхронизации 1, 2 соответственно

Положение	Режим
Снята	Подтягивающий резистор отключен (импульсы синхронизации от канала измерения)
Установлена	Подтягивающий резистор подключен (импульсы синхронизации от выхода с ОК)

## Переключатель X10

Защита записи в EEPROM

Снята	Запись в EEPROM запрещена
Установлена	Запись в EEPROM разрешена

## Переключатель X20, X21

Подключение внутреннего питания к плате токовых выходов

Положение	Режим
Снята	Внешнее питание
Установлена	Внутреннее питание

Варианты исполнения  
МК32-DC-20-R2-M-RAM-PO

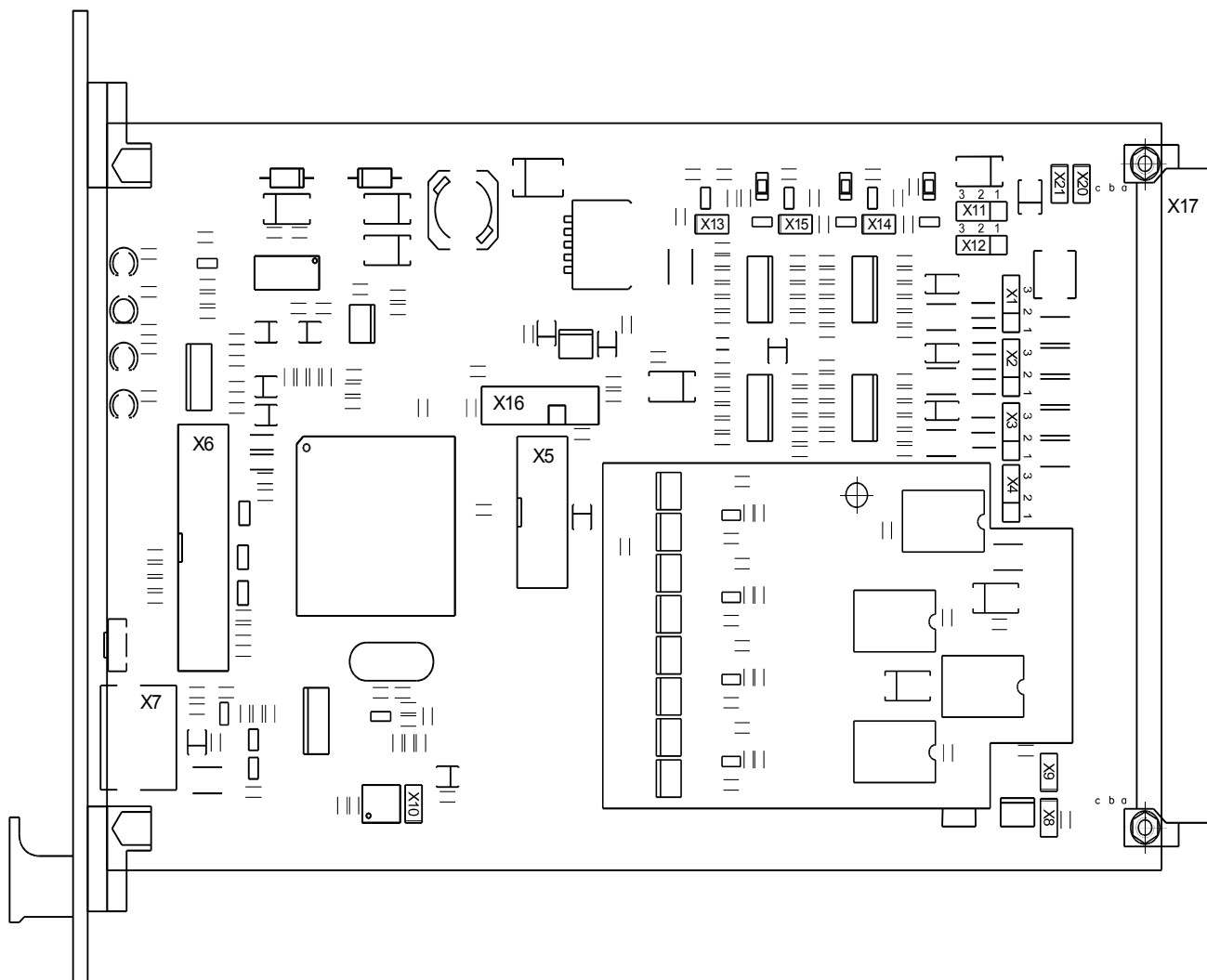


Рисунок А.2 - Расположение элементов на плате модуля

Назначение разъемов и перемычек соответствует вариантам исполнения модуля МК32-DC-R2, МК32-DC-20-R2 (смотрите рисунок А.1).

Варианты исполнения  
МК32-DC-20-R2-LF3(-LF4; -MF3)

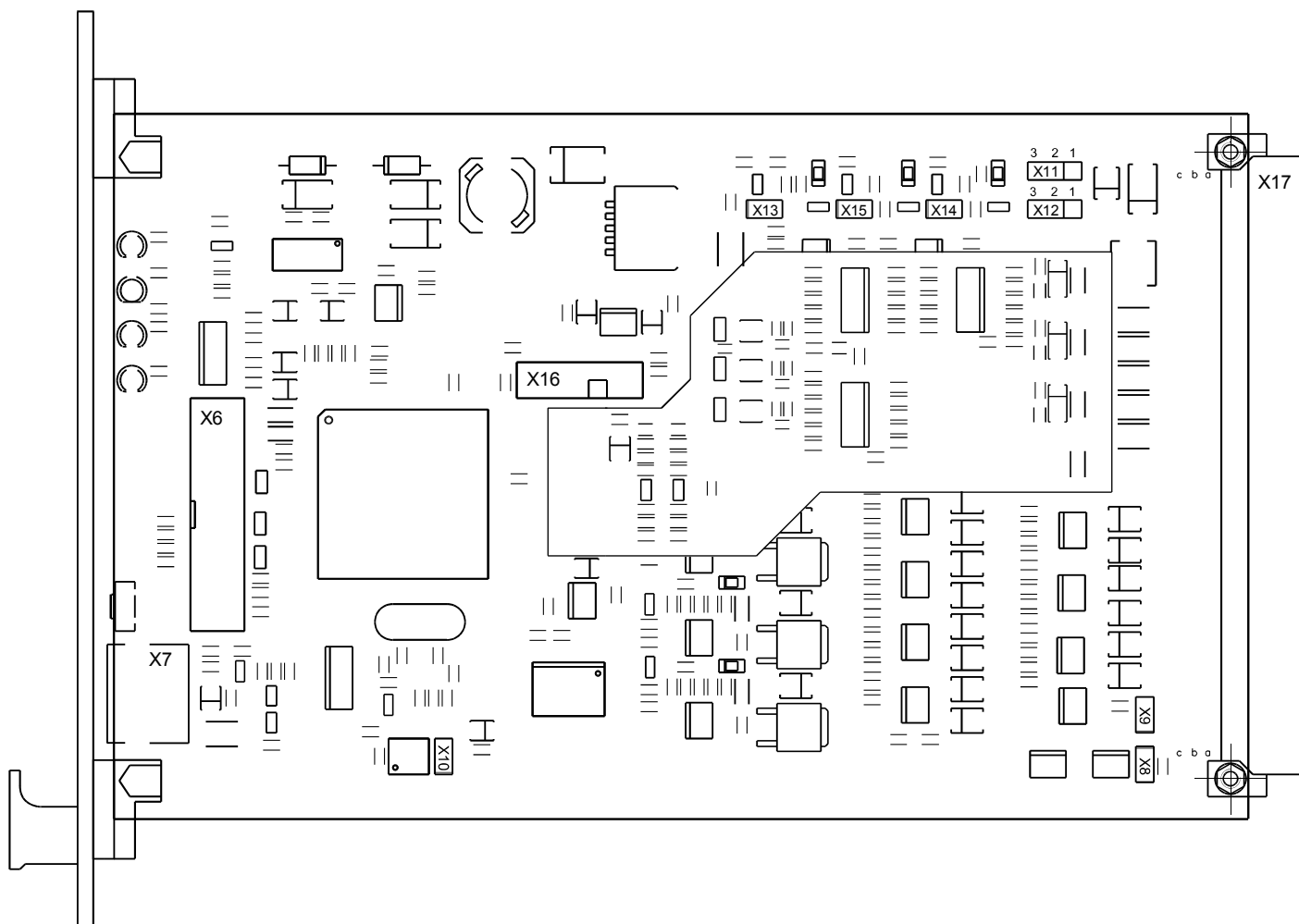


Рисунок А.3 - Расположение элементов на плате модуля

Назначение разъемов и перемычек соответствует вариантам исполнения модуля МК32-DC-R2, МК32-DC-20-R2 (смотрите рисунок А.1) за исключением перемычек X1-X4, разъема X5.

**Приложение Б**  
(обязательное)  
**Назначение контактов коммутационного разъема модуля**

Таблица Б.1 - назначение контактов коммутационного разъема модуля

Номер контакта	Обозначение	Назначение	Примечание
A2, B1, C2 A32, B31, C32	GND	Общий	
A6, B5, C6	Power +24 V	Вход/выход напряжения питания +24 В	
B3	Fin 1	Основной импульсный вход	
C4	Fin 2	Резервный импульсный вход	
B7	+24 V sense CH1	Выход напряжения +24 В для питания преобразователя канала 1	
B9	+24 V sense CH2	Выход напряжения +24 В для питания преобразователя канала 2	
B11	+24 V sense CH3	Выход напряжения +24 В для питания преобразователя канала 3	
B13	+24 V sense CH4	Выход напряжения +24 В для питания преобразователя канала 4	
C8	Input CH1	Вход канала измерения 1	1
C10	Input CH2	Вход канала измерения 2	1
C12	Input CH3	Вход канала измерения 3	1
C14	Input CH4	Вход канала измерения 4	1
B15	Analog out 1	Унифицированный выход канала измерения 1	
C15	Analog out 1 (-)	Унифицированный выход канала измерения 1 (-)	4
C16	Analog out 2	Унифицированный выход канала измерения 2	
B16	Analog out 2 (-)	Унифицированный выход канала измерения 2 (-)	4
B17	Analog out 3	Унифицированный выход канала измерения 3	
C17	Analog out 3 (-)	Унифицированный выход канала измерения 3 (-)	4
C18	Analog out 4	Унифицированный выход канала измерения 4	
B18	Analog out 4 (-)	Унифицированный выход канала измерения 4 (-)	4
A15, A16	Analog Pwr +24 V	+24 В питания гальванически изолированных унифицированных выходов	4
A17, A18	Analog Pwr GND	Общий питания гальванически изолированных унифицированных выходов	4
A20	LG_OUT_1	Логический выход 1	2
A22	LG_OUT_2	Логический выход 2	2
A24	LG_OUT_3	Логический выход 3	2
A26	LG_OUT_4	Логический выход 4	2
B19	LG_OUT_5	Логический выход 5	2
B21	LG_OUT_6	Логический выход 6	2
B23	LG_OUT_7	Логический выход 7	2
B25	LG_OUT_8	Логический выход 8	2
C20	LG_OUT_9	Логический выход 9	2
C22	LG_OUT_10	Логический выход 10	2
C24	LG_OUT_11	Логический выход 11	2
C26	LG_OUT_12	Логический выход 12	2, 3

## Продолжение таблицы Б.1

Номер контакта	Обозначение	Назначение	Примечание
A28	CAN-GND	Интерфейс CAN2.0B, общий	
B27	CAN-H	Интерфейс CAN2.0B, линия H	
C28	CAN-L	Интерфейс CAN2.0B, линия L	
A30	RS485-GND	Интерфейс RS485, общий	
B29	1-RS485-B(-)	Интерфейс RS485 №1, линия B	
C30	1-RS485-A(+)	Интерфейс RS485 №1, линия A	
B30	2-RS485-B(-)	Интерфейс RS485 №2, линия B	
C29	2-RS485-A(+)	Интерфейс RS485 №2, линия A	
<p>Примечания</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1 Если канал не используется, то вывод может быть оставлен не подключенным, в настройках модуля необходимо отключить работу данного канала.</li> <li>2 Логика работы определяется при настройке модуля.</li> <li>3 При ошибке чтения параметров из энергонезависимой памяти будет присутствовать активный уровень. Рекомендуется назначать все сигналы неисправности модуля (тест датчиков и т.д.) на данный выход.</li> <li>4 В варианте исполнения модуля МК22-DC-20-R2-M-RAM-PO для гальванически изолированных токовых выходов.</li> </ol>			