

АО «Хакель»

**МОНИТОР СОПРОТИВЛЕНИЯ ИЗОЛЯЦИИ
К2А МСИ21/22**

**Инструкция по работе с внешним интерфейсом и протоколом
MODBUS**

Инд. № подл.	Подпись и дата	Взамен инв.№	Инд. № дубл.	Подпись и дата

2025 г.

1. Введение

1.1. Принцип работы

Приборы серии К2А МСИ** посылают сигнал постоянного тока (примерно 13 В) с контакта SIG. Данный сигнал проходит через всю изоляцию сети и возвращается через контакт РЕ в прибор. Далее, данный сигнал проходит цифровую обработку и по значению амплитуды данного сигнала происходит расчет сопротивления изоляции сети.

2. Индикация и настройка прибора

2.1. Включение

Все изображения дисплея взяты из реально работающего К2А МСИ 21.

При включении прибор на своем дисплее в течении нескольких секунд будет отображать изображение логотипа «К2» как на рисунке 1.



Рисунок 1 – Логотип

После отображения логотипа на дисплее будет показан главный экран как на рисунке 2. При этом, индикатор «АВАРИЯ» на лицевой панели будет включен, а вместо отображения уровня сопротивления изоляции будет показано сообщение о превышении максимального допустимого измеримого уровня сопротивления контролируемой сети. В течении примерно 10 секунд прибор будет подготавливаться к работе. Окончанием подготовки будет сопровождаться выключением индикатора «АВАРИЯ» и отображением текущего уровня сопротивления контролируемой сети. Во время подготовки устройство не будет реагировать на нажатие кнопок.



Рисунок 2 – Главный экран при подготовке к работе

2.2. Главный экран

После подготовки на главном экране отображается текущий уровень сопротивления изоляции в кОм с одним знаком после запятой как на рисунке 3.

Инд. № подл.	Подпись и дата	Взамен инв. №	Инд. № дубл.	Подпись и дата

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата

РБНМ.411212.051И2

Лист

3



Рисунок 3 – Главный экран в режиме измерения уровня изоляции

При снижении значения сопротивления изоляции контролируемой сети ниже уровня порога прибор переходит в состояние, которое в данном документе будет называться аварией. В таком состоянии устройство переключает иконку состояния сигнального реле (поле «СТАТУС РЕЛЕ»), включает индикатор «АВАРИЯ» и переключает реле согласно настройке **ТИП РЕЛЕ** (см. п. 2.4.5).

При снижении уровня сопротивления изоляции ниже минимально измеримого сопротивления изоляции вместо текущего уровня на главном экране будет отображена информация в следующем виде (рисунок 4):

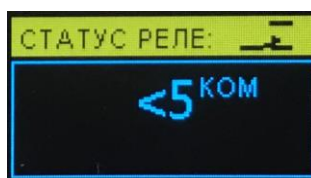


Рисунок 4 – Снижение уровня изоляции ниже минимально измеримого уровня

При этом прибор будет находиться в состоянии аварии.

2.3. Тестирование индикации и реле

Для приборов серии К2А МСИ** есть возможность провести тестирование реле и индикации. Для этого необходимо переключиться на главный экран и нажать кнопку «▼». После этого прибор в течении 5 секунд перейдет в состояние аварии с соответствующей индикацией. На дисплее будет отображаться информация как на рисунке 4. Сигнальное реле переключиться в соответствии с настройкой **ТИП РЕЛЕ**. После 5 секунд прибор выйдет из состояния аварии с учетом настройки **ПАМЯТЬ РЕЛЕ**.

2.4. Главное меню

При нажатии на кнопку «■» на дисплее будет отображено главное меню (рисунок 5). С помощью кнопок «▲» и «▼» можно перемещаться по пунктам меню, а с помощью кнопки «■» выбрать соответствующий пункт меню для просмотра и редактирования настроек прибора.

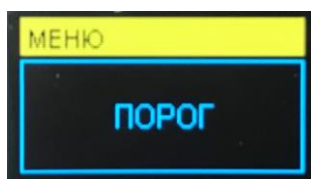


Рисунок 5 – Главное меню

Инд. № подл.	Подпись и дата
Взамен инв. №	Индв. № дубл.
Подпись и дата	
Индв. № подл.	

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата
------	------	-------------	---------	------

2.4.2. Пункт меню ГИСТЕРЕЗИС

Окно настроек данного пункта представлено на рисунке 6. С помощью кнопок «▲» и «▼» можно выбрать необходимое значение сопротивления в кОм, при уровне которого прибор выйдет из состояния аварии. При долгом нажатии на данные кнопки скорость перебора значений значительно увеличиться. Чтобы сохранить выбранный вариант необходимо два раза последовательно нажать кнопку «■». Диапазоны значений, шаг параметра и начальное значение параметра отображены в таблице 4.

2.4.3. Пункт меню ДРОССЕЛЬ

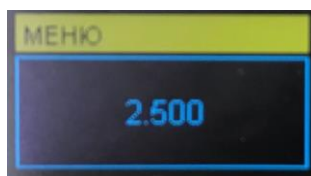


Рисунок 7 – Настройка значения сопротивления дросселя

В данный пункт меню необходимо заходить если к прибору серии К2А МСИ** будет подключаться дроссель из серии К2А ДК***. Перед этим необходимо предварительно измерить сопротивление дросселя следующим образом:

- Отсоединить дроссель от электрической сети;
- Подключить мультиметр в режиме измерения сопротивления между контактами «SIG» и «L1»;
- Полученное значение сопротивления необходимо поделить на 3 и округлить до десятых;
- Внести полученное значение в меню настройки значения сопротивления дросселя.

С помощью кнопок «▲» и «▼» можно выбрать необходимое значение сопротивления в кОм. При долгом нажатии на данные кнопки скорость перебора значений значительно увеличиться. Чтобы сохранить выбранный вариант необходимо два раза последовательно нажать кнопку «■». Диапазоны значений, шаг параметра и начальное значение параметра отображены в таблице 4.

2.4.4. Пункт меню РЕЛЕ Т ON

Окно настроек данного пункта похоже на то, что представлено на рисунке 6. С помощью кнопок «▲» и «▼» можно выбрать временной интервал в секундах, при окончании которого в случае снижения сопротивления изоляции ниже уровня порога устройство перейдет в состояние аварии. При долгом нажатии на данные кнопки скорость перебора значений значительно увеличиться. Чтобы сохранить выбранный вариант необходимо два

Инв. № подл.	Подпись и дата
Взамен инв. №	Инв. № дубл.
Подпись и дата	
Инв. № подл.	

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата
------	------	-------------	---------	------

раза последовательно нажать кнопку «■». Диапазоны значений, шаг параметра и начальное значение параметра отображены в таблице 4.

2.4.5. Пункт меню **ТИП РЕЛЕ**

Окно настроек данного пункта представлено на рисунке 8. С помощью кнопок «▲» и «▼» можно выбрать тип отклика реле. Вариант «ПРЯМОЙ» означает, что при снижении уровня сопротивления изоляции ниже порога реле будет замыкать контакты NO м СОМ. При выборе варианта «ОБРАТНЫЙ» логика работы реле инвертируется. Чтобы сохранить выбранный вариант необходимо два раза последовательно нажать кнопку «■». Список вариантов отображен также в таблице 4.

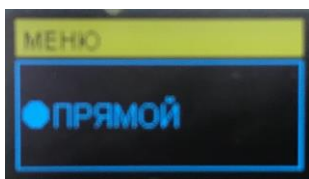


Рисунок 8 – Настройка типа отклика реле

2.4.6. Пункт меню **ПАМЯТЬ РЕЛЕ**

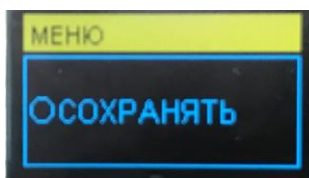


Рисунок 9 – Настройка блокировки реле

Окно настроек данного пункта представлено на рисунке 9. С помощью кнопок «▲» и «▼» можно выбрать пункты «СОХРАНЯТЬ» или «НЕ СОХРАНЯТЬ». Вариант «СОХРАНЯТЬ» означает, что при снижении уровня сопротивления изоляции и при его последующем превышении выше уровня гистерезиса устройство останется в состоянии аварии. При этом, на главном экране будет выведено сообщение «БЛОКИРОВКА». Чтобы вывести устройство из состояния аварии необходимо нажать на кнопку «▼» находясь при этом на главном экране. После нажатия на данную кнопку прибор выйдет из состояния аварии. При выборе варианта «НЕ СОХРАНЯТЬ» прибор не будет блокировать состояние реле и индикации. Чтобы сохранить выбранный вариант необходимо два раза последовательно нажать кнопку «■». Список вариантов отображен также в таблице 4.

Инв. № подл.	Подпись и дата
Взамен инв. №	Инв. № дубл.
Подпись и дата	
Подпись и дата	

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата
------	------	-------------	---------	------

РБНМ.411212.051И2			
--------------------------	--	--	--

Лист
7

3.3. Алгоритм формирования CRC суммы

Для формирования CRC суммы используется следующий алгоритм:

1. В 16 битный регистр помещается число 0xFFFF. Далее, этот регистр будет называться CRC;
2. Первый байт из MODBUS пакета складывается с содержимым CRC регистра с помощью операции XOR;
3. Если самый младший бит содержимого CRC регистра не равен 0, то содержимое этого регистра сдвигается на один двоичный разряд вправо и к нему с помощью операции XOR прибавляется число 0xA001. Если самый младший бит равен 0, то содержимое регистра просто сдвигается на один двоичный разряд вправо;
4. Операция из пункта 3 повторяется еще 7 раз;
5. Пункты 2-4 повторяется для всех остальных байтов из сообщения MODBUS

При передаче сообщения младший байт CRC передается первым, а старший последним.

3.4. Коды ошибок

В таблице 3 отображены коды ошибок, которые может возвращать устройство в случае возникновения неполадок при работе с протоколом.

Таблица 3 – Коды ошибок

Код	Название ошибки	Описание
0x01	Недопустимая функция	Запрашиваемая функция не поддерживается ведомым устройством
0x02	Недопустимый адрес данных	Полученный адрес данных недопустим для ведомого устройства
0x03	Недопустимое значение данных	Полученные значения данных недопустимы для ведомого устройства
0x04	Ошибка при выполнении запроса	

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взамен инв. №	Инв. № дубл.	Подпись и дата	РБНМ.411212.051И2				Лист
									9
									Изм.

3.5. Регистр флагов (функции 0x01, 0x05)

3.5.1. Флаг **FAULT_MEM**

Адрес – 0-й бит по адресу 0x00. Данный флаг позволяет установить режим работы устройства, при котором после того как значение сопротивления изоляции стало ниже порога помимо стандартного отклика прибора на данное событие на экране будет выведено сообщение «БЛОКИРОВКА». При восстановлении сопротивления изоляции выше уровня порога с учетом гистерезиса состояние устройства не изменится – сообщение «БЛОКИРОВКА» останется, а сигнальное реле не изменит своего состояния, индикаторы не переключаться. При нажатии на кнопку «▼» на лицевой панели реле переключиться в соответствии с настройкой **ТИП РЕЛЕ**, индикаторы состояния переключаться, а сообщение о блокировке исчезает с экрана. Также блокировку можно снять записью единицы в флаг **RELEASE**.

3.5.2. Флаг **RELAY_TYPE**

Адрес – 1-й бит по адресу 0x00. Данный флаг позволяет выбрать тип отклика сигнального реле на событие снижения значения сопротивления изоляции ниже уровня порога. При записи 0 в данный флаг реле будет замыкаться при снижении уровня ниже порога, а при восстановлении уровня реле будет размыкаться. При записи 1 в данный флаг логика работы реле будет инверсной.

3.5.3. Флаг **RELEASE**

Адрес – 2-й бит по адресу 0x00. При флаге **FAULT_MEM** равным 1 запись единицы в данный флаг позволяет разблокировать реле удаленно. Сопротивление изоляции при этом должно быть обязательно выше значения порога с учетом гистерезиса.

3.6. Регистры ввода (функция 0x04)

3.6.1. Регистр **DEV_ID**

Адрес – 0x00. Регистр хранит в себе значение уникального идентификатора устройства, которое равно 0x0A01.

3.6.2. Регистр **DEV_PRG**

Адрес – 0x01. Регистр хранит в себе значение текущей версии прошивки

3.6.3. Регистр **TEMP**

Адрес – 0x02. Служебный регистр. Хранит в себе значение температуры внутри корпуса дроссельного модуля.

3.6.4. Регистр **V_SUPPLY**

Адрес – 0x03. Регистр хранит в себе значение амплитуды измерительного сигнала в вольтах. Число хранится в формате unsigned int 16. Последняя цифра означает десятичные

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата
Изн.	№ подл.	Взамен инв.№	Изн. № дубл.	Подпись и дата

доли после запятой. Т.е. если в регистре хранится число 123, то амплитуда измерительного сигнала равна 12,3 В.

3.6.5. Регистр **ADC_SUPPLY**

Адрес – 0x04. Служебный регистр. Хранит в себе значение кода АЦП уровня измерительного сигнала

3.6.6. Регистр **ADC_R_ISO**

Адрес – 0x05. Служебный регистр. Хранит в себе значение кода АЦП измеренного уровня сопротивления изоляции.

3.6.7. Регистр **R_ISO**

Адрес – 0x06. Хранит в себе значение текущего уровня сопротивления изоляции контролируемой сети. Число хранится в формате unsigned int 16. Последняя цифра означает десятичные доли после запятой. Т.е. если в регистре хранится число 523, то сопротивление изоляции равно 52,3 кОм с учетом погрешности.

Значение в данном регистре обновляется только после цифровой обработки очередного аналогового измерения.

3.7. Регистры хранения (функции 0x03, 0x06)

3.7.1. Регистр **R_LOW**

Адрес – 0x00. Хранит в себе значение текущего уровня порога. Число хранится в формате unsigned int 16. Диапазоны значений, шаг параметра и начальное значение отображены в таблице 4.

3.7.2. Регистр **R_HIGH**

Адрес – 0x01. Хранит в себе значение уровня сопротивления изоляции, которое должно быть превышено чтобы устройство вышло из состояния аварии. Т.о. с помощью данного регистра можно настроить гистерезис. Число хранится в формате unsigned int 16. Диапазоны значений, шаг параметра и начальное значение отображены в таблице 4.

3.7.3. Регистр **R_TL_EXT**

Адрес – 0x02. Хранит в себе значение сопротивления подключенного дросселя. Число хранится в формате unsigned int 16. Последняя цифра означает десятичные доли после запятой. Т.е. если в регистре хранится число 43, то сопротивление дросселя равно 4,3 кОм. Диапазоны значений, шаг параметра и начальное значение отображены в таблице 4.

3.7.4. Регистр **REL_T_ON**

Адрес – 0x03. Хранит в себе значение задержки срабатывания устройства на снижение уровня сопротивления изоляции ниже порога. Если уровень изоляции упал ниже порога и успел вернуться на значение выше уровня порога плюс гистерезис за время мень-

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата
Инд. № подл.	Подпись и дата	Взамен инв. №	Инд. № дубл.	Подпись и дата

шее чем хранится в данном регистре, то устройство не будет переходить в состояние аварии. Число хранится в формате unsigned int 16. Диапазоны значений, шаг параметра и начальное значение отображены в таблице 4.

3.7.5. Регистр **MBS_ADDR**

Адрес – 0x04. Хранит в себе значение адреса устройства для его идентификации в протоколе MODBUS. При перезаписи данного регистра на новый адрес необходимо проинформировать к нему по новому адресу. Число хранится в формате unsigned int 16. Диапазоны значений, шаг параметра и начальное значение отображены в таблице 4.

Таблица 4 – Регистры хранения

Устройство	Название параметра	Регистр	Единица измерения	Шаг	Значение по умолчанию	Диапазон
МСИ21	ПОРОГ	R_LOW	кОм	1	230	5-300
	ГИСТЕРЕЗИС	R_HIGH	кОм	1	255	5-300
МСИ22	ПОРОГ	R_LOW	кОм	1	300	300-900
	ГИСТЕРЕЗИС	R_HIGH	кОм	1	330	300-900
МСИ21/ МСИ22	ДРОССЕЛЬ	R_TL_EXT	кОм	0,1	0,0	0,0-19,9
	РЕЛЕ Т ОН	REL_T_ON	с	1	0	0-60
	АДРЕС УСТРОЙСТВА	MBS_ADDR	–	1	1	1-127
	ТИП РЕЛЕ	RELAY_TYPE	–	–	ПРЯМОЙ(0)	ПРЯМОЙ(0), ОБРЫТНЫЙ(1)
	ПАМЯТЬ РЕЛЕ	FAULT_MEM	–	–	НЕ СОХРАНЯТЬ(0)	НЕ СОХРАНЯТЬ(0), СОХРАНЯТЬ(1)

Инв. № подл.	Подпись и дата
Взамен инв. №	Инв. № дубл.
Подпись и дата	

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата
------	------	-------------	---------	------

РБНМ.411212.051И2

Лист

12

3.8. Примеры

3.8.1. Чтение значений из регистра флагов

В таблице 5 представлен пример запроса значений всех трех флагов по адресу регистра 0x00. Адрес самого устройства равен 1.

Таблица 5 – пример запроса чтения флагов

Название поля	Значение (HEX)
Адрес устройства	0x01
Функция	0x01
Адрес регистра (Hi)	0x00
Адрес регистра (Lo)	0x00
Количество флагов (Hi)	0x00
Количество флагов (Lo)	0x03
CRC (Lo)	0x7C
CRC (Hi)	0x0B
Всего байт	8

Пример ответа представлен в таблице 6. Самый младший бит пришедшего байта равен значению флага **FAULT_MEM**, значение второго бита равно значению флага **RELAY_TYPE**, а значение третьего бита равно значению флага **RELEASE**. Остальные биты пришедшего байта автоматически заполняются нулями.

Таблица 6 – пример ответа на запрос чтения флагов

Название поля	Значение (HEX)
Адрес устройства	0x01
Функция	0x01
Количества байт	0x01
Данные	0x03
CRC (Lo)	0x11
CRC (Hi)	0x89
Всего байт	6

Инд. № подл.	Подпись и дата
Взамен инв. №	Инд. № дубл.
Подпись и дата	Подпись и дата

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата
------	------	-------------	---------	------

3.8.2. Чтение значений из регистров хранения

В таблице 7 представлен пример запроса значений двух регистров начиная с адреса 0x00 (регистры **R_LOW** и **R_HIGH**). Адрес самого устройства равен 1.

Таблица 7 – пример запроса чтения регистров хранения

Название поля	Значение (HEX)
Адрес устройства	0x01
Функция	0x03
Адрес регистра (Hi)	0x00
Адрес регистра (Lo)	0x00
Количество регистров (Hi)	0x00
Количество регистров (Lo)	0x02
CRC (Lo)	0xC4
CRC (Hi)	0x0B
Всего байт	8

Пример ответа представлен в таблице 8. Первые два байта данных относятся к регистру **R_LOW**, два вторых к регистру **R_HIGH**. Т.о. значение регистра **R_LOW** равно 0x0064 или 100 кОм, а значение регистра **R_HIGH** равно 0x00C8 или 200 кОм.

Таблица 8 – пример ответа на запрос чтения регистров хранения

Название поля	Значение (HEX)
Адрес устройства	0x01
Функция	0x03
Число байт	0x04
Данные (Hi)	0x00
Данные (Lo)	0x64
Данные (Hi)	0x00
Данные (Lo)	0xC8
CRC (Lo)	0xBA
CRC (Hi)	0x7A
Всего байт	9

Инд. № подл.	Подпись и дата
Взамен инв. №	Инд. № дубл.
Подпись и дата	Подпись и дата

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата
------	------	-------------	---------	------

3.8.3. Пример чтения из регистров ввода

В таблице 9 представлен пример запроса значения 1 регистра ввода начиная с адреса 0x05 (регистр **R_ISO**). Адрес самого устройства равен 1.

Таблица 9 – пример запроса на чтение регистров ввода

Название поля	Значение (HEX)
Адрес устройства	0x01
Функция	0x04
Адрес регистра (Hi)	0x00
Адрес регистра (Lo)	0x05
Количество регистров (Hi)	0x00
Количество регистров (Lo)	0x01
CRC (Lo)	0x21
CRC (Hi)	0xCB
Всего байт	8

Пример ответа представлен в таблице 10. Значение регистра **R_ISO** равно 0x01F4 или 500 кОм.

Таблица 10 – пример ответа на запрос чтения регистров ввода

Название поля	Значение (HEX)
Адрес устройства	0x01
Функция	0x04
Число байт	0x02
Данные (Hi)	0x01
Данные (Lo)	0xF4
CRC (Lo)	0xB9
CRC (Hi)	0x27
Всего байт	7

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взамен инв. №	Инв. № дубл.	Подпись и дата	РБНМ.411212.051И2				Лист
									15
									Изм.

