

## Управление высоковольтным источником ИВН V.1.

Для управления используются регистры.

1. Регистр ошибок. 1шт. 16 бит. Доступен только для чтения. Адрес 0x0000.
2. Регистры измеряемых величин. бшт. Доступны только для чтения.
  - 2.1. Зарезервирован, не используется. Адрес 0x0001
  - 2.2. Среднее арифметическое тока из 256-ти значений. 16 бит. Адрес 0x0002
  - 2.3. Среднее арифметическое напряжения из 256-ти значений. 16 бит. Адрес 0x0003
  - 2.4. Измеренное напряжение. 16 бит. Адрес 0x0004
  - 2.5. Измеренный ток. 16 бит. Адрес 0x0005
  - 2.6. Зарезервирован, не используется. 16 бит. Адрес 0x0006
3. Регистры задания выходных параметров. 2шт. Доступны и для чтения и для записи.
  - 3.1. Код высокого напряжения. 16 бит. Адрес 0x0007
  - 3.2. Код анодного тока. 16 бит. Адрес 0x0008
4. Регистр управления. 16 бит. Доступен и для чтения и для записи. Адрес 0x0009.

В старшем байте хранится коэффициент чередования отсчетов высокого напряжения и тока для вычисления среднего арифметического. "0" означает, что сохраняется каждый отсчет (примерно через 680мкс), "1" – сохраняется каждый второй отсчет, "2" – каждый третий и т.д.

Младший байт содержит биты:

- Бит 0 – Включить(1)/ отключить(0) высокое напряжение
- Бит 1 – Разрешить(1)/ запретить(0) работу сторожевого таймера обрыва связи

5. Регистр адреса устройства. 16 бит. Доступен только для записи. Адрес 0x0020. Адрес устройства содержится в старшем байте. Читать регистр смысла нет, ибо адрес и так содержится в послылке. Если его не знать, то и прочитать регистр все-равно невозможно. Адрес устройства хранится в ЕЕПРОМ, и его можно сменить на любой другой разрешенный протоколом адрес. Заводской сохраненный адрес – 0x66.

## Настройки для интерфейса RS-485.

Скорость - 4800кб/с

Контроль четности – нет

Количество стоповых битов – 1

Количество битов данных – 8

### Распайка разъема DB-9:

Номер пина	Название сигнала	Назначение сигнала
1	MA	Измерение выходного тока
2	Data- (A)	Линия А RS-485
3	KV_OFF	Включение/выключение источника
4	KV	Измерение выходного напряжения
5	GND	"Общий" провод
6		
7	MA	Измерение выходного тока
8	KV_BR	Контроль срабатывания защиты от пробоя
9	Data+ (B)	Линия В RS-485

Интерфейс RS-485 имеет оптическую развязку.

Кабель связи состоит из одной витой пары в экране. Общий не используется. Экран подключен к корпусу ИВН. Со стороны управляющего компьютера экран ни к чему не подключен, а сам кабель пропущен три раза через ферритовое кольцо Ф45 2000НМ. Такая конструкция имеет лишь рекомендательный характер, при испытаниях она обеспечила наибольшую помехозащищенность.

## Описание работы.

При подключении к источнику питающей сети заработает схема управления высоковольтным источником. При этом начнет крутиться вентилятор, и загорятся индикаторы. На индикаторе тока отобразится нулевое значение, на индикаторе напряжения — остаточное напряжение на нагрузке.

Для регулировки выходных параметров применены оптические энкодеры с функцией нажатия. При вращении одного из энкодеров соответствующий индикатор перейдет в режим отображения уставки регулируемого параметра. Причем первый щелчок энкодера только переключит режим отображения, но не изменит уставку. Изменение уставки будет происходить со второго щелчка после переключения режима отображения индикатора. Также текущую уставку можно посмотреть, нажав на соответствующую ручку энкодера. Через 1,5сек после нажатия или прекращения вращения энкодера индикатор перейдет в режим отображения измеренных значений выходных параметров. Выставленное значение сохранится в энергонезависимой памяти. Значения уставки также можно загрузить через интерфейс RS-485. Загруженное значение уставки можно проконтролировать, нажав на ручку соответствующего энкодера.

При подаче разрешающего уровня на вход KV\_OFF или установки бита CHV\_ON в регистре управления или нажатия кнопки "ПУСК/СТОП" на выходе источника появится высокое напряжение, соответствующее уставке. На индикаторах отобразятся реальные значения напряжения и тока в нагрузке. Красный светодиод "ВЫСОКОЕ НАПРЯЖЕНИЕ" загорится при выходном напряжении более 1,5кВ. При работе источника на нагрузку измеренные значения выходных параметров могут не совпадать с установленными. Это зависит от режима работы источника. Если источник находится в режиме стабилизации выходного напряжения, ток в нагрузке будет соответствовать ее сопротивлению, а не текущей уставке. В режиме стабилизации выходного тока не соответствовать уставке будет измеренное напряжение. Режим работы показывает зеленый светодиод "СТАБИЛИЗАЦИЯ НАПРЯЖЕНИЯ". Мерцание данного светодиода означает, что выставленные значения выходных параметров почти совпадают с измеренными. В этом случае появляется неопределенность режима работы, и возможно ухудшение стабилизации выходных параметров. Рекомендуется изменить значения соответствующих уставок для однозначного выбора нужного режима работы.

Желтый светодиод "ПРОБОЙ В НАГРУЗКЕ" загорается при скачкообразном падении напряжения на нагрузке. В зависимости от модели источника возможно два варианта обработки схемой управления этой ситуации. По умолчанию пробой в нагрузке - это нештатный режим работы. Источник в этом случае отключает высокое напряжение. Для возобновления работы следует нажать кнопку "ПУСК/СТОП" или установить бит CHV\_ON в регистре управления. При управлении включением высокого напряжения с помощью внешнего сигнала KV\_OFF следует снять разрешающий сигнал и подать его вновь через 1сек. При этом желтый светодиод погаснет, и источник продолжит штатную работу. Во втором варианте источник отключит высокое напряжение и автоматически снова включит. При этом пробой в нагрузке зафиксируется в счетчике пробоев в регистре управления. Счетчик 8-миразрядный. По достижении 255 пробоев за время работы источника это значение останется неизменным.

Стабильность выходных параметров на нагрузке обеспечивается путем непосредственного измерения, сравнения их с опорой и изменением частоты работы инвертора. Выходное напряжение измеряется непосредственно на выходе выпрямителя с помощью резистивного делителя. Ток измеряется на шунте.

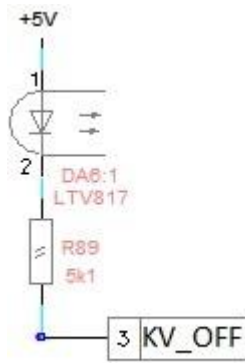


Рис.1. Внутренняя схема управляющего сигнала KV\_OFF

Внутренняя схема управляющего сигнала KV\_OFF представлена на рис.1. Для включения высокого напряжения необходимо соединить вход KV\_OFF с GND. При открытом входе KV\_OFF на выходе источника высокое напряжение не появится. Для управления включением высокого необходимо использовать транзистор с открытым коллектором или группу контактов реле.

Внутренняя схема выходного сигнала KV\_BR представлена на рис.2. При нормальной работе устройства транзистор закрыт. Во время пробоя высокого напряжения транзистор выдает короткий импульс. Время импульса зависит от величины выходного напряжения и глубины провала и составляет десятки миллисекунд. Сигнал можно использовать, например, для подсчета количества пробоев в нагрузке.

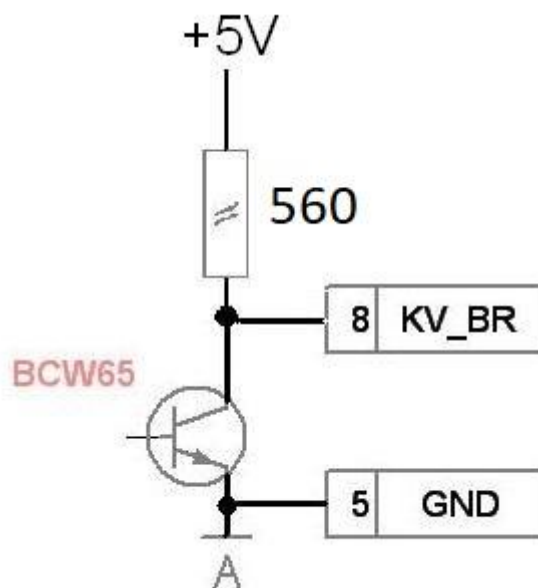


Рис.2. Внутренняя схема выходного сигнала KV\_BR.

## Описание регистров

### 1. Регистр ошибок. Адрес 0x0000.

Формат регистра:

B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0	DT7	DT6	DT5	DT4	DT3	DT2	DT1	DT0
----	----	----	----	----	----	----	----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

15 bit 0 bit

RG\_DT1(DT7:DT0) содержит информацию об ошибках, возникающих при работе высоковольтного источника.

	Номер бита	Наимен-е. бита	Описание
<b>RG_DT1</b>	DT7	ERR_ST	"0" - Рабочий режим "1" - Источник в состоянии ошибки. Всё выключено, ожидаются команды чтения и сброса
	DT6	WDG_CON	"0" - Сторожевой таймер сброшен "1" - Сторожевой таймер отсчитал. Ошибка
	DT5	Резерв	0
	DT4	Резерв	0
	DT3	Резерв	0
	DT2	Резерв	0
	DT1	Резерв	0
	DT0	Резерв	0

RG\_DT2(B7:B0) содержит количество пробоев в нагрузке за время работы источника. Под "пробоем" понимается резкое скачкообразное снижение напряжения на выходе высоковольтного источника. Максимально возможное число 255. Дальнейшее увеличение количества пробоев не влияет на значение данного регистра. При количестве пробоев, большем 255-ти, будет сохраняться значение 255.

2. Зарезервирован, не используется. 16 бит. Адрес 0x0001

3. Регистр, хранящий среднее арифметическое выходного тока. 16 бит. Адрес 0x0002

Среднее арифметическое значение тока в нагрузке из 128-ти значений. Может находиться в диапазоне (\_\_\_\_\_)мА, что соответствует диапазону кодов (0-1000)dec. Во время работы устройства в оперативной памяти микроконтроллера циклично сохраняются 128 измеренных значений выходного тока. После сохранения каждого отсчета производится вычисление среднего арифметического из последних сохраненных 128 значений. Значения для расчета можно сохранять с чередованием. Коэффициент чередования задается в управляющем регистре (См. п.10. Регистр управления).

Формат регистра:

0	0	0	0	0	0	D9	D8	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

15 bit 0 bit

Чтобы получить значение среднего арифметического значения выходного тока в миллиамперах, необходимо прочитанное значение умножить на \_\_\_\_.

4. Регистр, хранящий среднее арифметическое выходного напряжения. 16 бит. Адрес 0x0003

Среднее арифметическое значение высокого напряжения из 128-ти значений. Может находиться в диапазоне (\_\_\_\_\_)В, что соответствует диапазону кодов (300-1000)dec. Во время работы устройства в оперативной памяти микроконтроллера циклично сохраняются 128 измеренных значений высокого напряжения. После сохранения каждого отсчета производится вычисление среднего арифметического из последних сохраненных 128 значений. Значения для расчета можно сохранять с чередованием. Коэффициент чередования задается в управляющем регистре (См. п.10. Регистр управления).

Формат регистра:

0	0	0	0	0	0	D9	D8	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

15 bit

0 bit

Чтобы получить значение среднего арифметического значения выходного напряжения в вольтах, необходимо прочитанное значение умножить на \_\_\_\_\_.

5. Регистр, хранящий значение высокого напряжения. 16 бит. Адрес 0x0004

Заданное значение высокого напряжения может находиться в диапазоне (\_\_\_\_\_)В, что соответствует диапазону кодов (300-1000)dec

Формат регистра:

0	0	0	0	0	0	D9	D8	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

15 bit

0 bit

Чтобы получить значение высокого напряжения в вольтах, необходимо прочитанное значение умножить на \_\_\_\_\_.

6. Регистр, хранящий значение выходного тока. 16 бит. Адрес 0x0005

Значение выходного тока может находиться в диапазоне (\_\_\_\_\_)мА, что соответствует диапазону кодов (0-1000)dec

Формат регистра:

0	0	0	0	0	0	D9	D8	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

15 bit

0 bit

Чтобы получить значение выходного тока в миллиамперах, необходимо прочитанное значение умножить на \_\_\_\_\_.

7. Зарезервирован, не используется. 16 бит. Адрес 0x0006

8. Регистр, задающий значение высокого напряжения. 16 бит. Адрес 0x0007

Значение высокого напряжения может находиться в диапазоне (\_\_\_\_\_)В, что соответствует диапазону кодов (0000-1000)dec

Формат регистра:

0	0	0	0	0	0	D9	D8	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

15 bit

0 bit

Таким образом, получаем минимальный шаг установки выходного напряжения \_\_\_\_В. Чтобы получить значение высокого напряжения в вольтах, необходимо прочитанное значение умножить на \_\_\_\_\_. И, наоборот, для установки заданного выходного напряжения необходимо величину напряжения разделить на \_\_\_\_\_, получив таким образом код, который необходимо загрузить в текущий регистр.

9. Регистр, задающий значение выходного тока. 16 бит. Адрес 0x0008

Значение выходного тока может находиться в диапазоне (\_\_\_\_\_)мА, что соответствует диапазону кодов (0000-1000)dec

Формат регистра:

0	0	0	0	0	0	D9	D8	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

15 bit

0 bit

Таким образом, получаем минимальный шаг установки тока \_\_\_\_\_мА. Чтобы получить значение тока эмиссии в мА, необходимо прочитанное значение умножить на \_\_\_\_\_. И, наоборот, для установки заданного тока эмиссии необходимо величину тока разделить на \_\_\_\_\_, получив таким образом код, который необходимо загрузить в текущий регистр.

10. Регистр управления. 16 бит. Адрес 0x0009

Значение регистра управления может находиться в диапазоне 0-7

Формат регистра:

K7	K6	K5	K4	K3	K2	K1	K0	0	0	0	0	0	0	WDG_ON	CHV_ON
----	----	----	----	----	----	----	----	---	---	---	---	---	---	--------	--------

15 bit

0 bit

Значения битов регистра для записи/чтения:

- CHV\_ON = 1 – Включение высокого напряжения/ высокое включено
- CHV\_ON = 0 – Выключение высокого напряжения/ высокое выключено
- WDG\_ON = 0 – Работа сторожевого таймера обрыва связи запрещена
- WDG\_ON = 1 – Работа сторожевого таймера обрыва связи разрешена

(K7:K0) - коэффициент чередования отсчетов высокого напряжения для вычисления среднего арифметического. Диапазон 0-255. "0" означает, что сохраняется каждый отсчет (примерно через 680мкс), "1" – сохраняется каждый второй отсчет, "2" – каждый третий и т.д.

Бит управления WDG\_ON управляет работой сторожевого таймера обрыва связи. Когда его работа разрешена, таймер начинает отсчитывать время, равное 4.55сек, от момента получения источником любого корректного запроса по *протоколу MODBUS*. Если по истечении 4.55сек следующий запрос не придет, то источник переходит в состояние ошибки. При этом источник отключает высокое напряжение и устанавливает биты соответствующие биты в регистре ошибок.

11. Регистр адреса. 16 бит. Адрес 0x0020.

Задаёт новый адрес устройства. Значение адреса может находиться в диапазоне от 1 до 247 и содержится в старшем байте регистра

Формат регистра:

A7	A6	A5	A4	A3	A2	A1	A0	0	0	0	0	0	0	0	0
----	----	----	----	----	----	----	----	---	---	---	---	---	---	---	---

15 bit

0 bit

## Протокол MODBUS

Адрес устройства 0x66 (HEX).

Используемые функции:

- 0x03 (HEX) - чтение значений из нескольких регистров хранения (*Read Holding Registers*)
- 0x06 (HEX) - запись значения в один регистр хранения (*Preset Single Register*)
- 0x10 (HEX) - запись значений в несколько регистров хранения (*Preset Multiple Registers*)

1. 0x03 (HEX) - чтение значений из нескольких регистров хранения (*Read Holding Registers*)

Адрес устройства	Номер функции	Запрос/ответ				Контрольная сумма
102 (0x66)	3 (0x03)	A <sub>1</sub>	A <sub>0</sub>	Q <sub>1</sub>	Q <sub>0</sub>	CRC16
		N	D (N байт)			CRC16

- A<sub>1</sub> и A<sub>0</sub> — адрес элемента, диапазон 0x0000 – 0x0009
- Q<sub>1</sub> и Q<sub>0</sub> — количество элементов, диапазон 1 - 10
- N — количество байт данных
- D — данные. Сначала старший байт, потом младший
- CRC16 – контрольная сумма. 2 байта.

2. 0x06 (HEX) - запись значения в один регистр хранения (*Preset Single Register*)

Адрес устройства	Номер функции	Запрос/ответ				Контрольная сумма
102 (0x66)	6 (0x06)	A <sub>1</sub>	A <sub>0</sub>	D <sub>1</sub>	D <sub>0</sub>	CRC16
		A <sub>1</sub>	A <sub>0</sub>	D <sub>1</sub>	D <sub>0</sub>	CRC16

- A<sub>1</sub> и A<sub>0</sub> — адрес элемента, диапазон 0x0007 – 0x0009
- D — данные.
- CRC16 – контрольная сумма. 2 байта.

3. 0x10 (HEX) - запись значений в несколько регистров хранения (*Preset Multiple Registers*)

Адрес устройства	Номер функции	Запрос/ответ						Контрольная сумма
102 (0x66)	16 (0x10)	A <sub>1</sub>	A <sub>0</sub>	Q <sub>1</sub>	Q <sub>0</sub>	N	D (N байт)	CRC16
		A <sub>1</sub>	A <sub>0</sub>	Q <sub>1</sub>	Q <sub>0</sub>			CRC16

- A<sub>1</sub> и A<sub>0</sub> — адрес элемента, диапазон 0x0007 – 0x0009
- Q<sub>1</sub> и Q<sub>0</sub> — количество элементов, диапазон 1 - 3
- N — количество байт данных
- D — данные. Сначала старший байт, потом младший
- CRC16 – контрольная сумма. 2 байта.



4. Ответ в случае приема некорректных данных.

Адрес устройства	Номер функции	Ответ	Контрольная сумма
102 (0x66)	N <sub>f</sub> v 0x80	K <sub>ERR</sub>	CRC16

- N<sub>f</sub> - номер функции
- K<sub>ERR</sub> — Стандартный код об ошибке. 1 байт
- CRC16 – контрольная сумма. 2 байта.

Описание данных K <sub>ERR</sub>	
Значение	Описание
1	Принятый код функции не может быть обработан.
2	Адрес данных, указанный в запросе, недоступен.
3	Значение, содержащееся в поле данных запроса, является недопустимой величиной.