**АВТУК. Модули 84 и МНК3.  
 Конфигурирование и наладка**

Оглавление

[Изменения в редакции документа 2](#_Toc5262883)

[1. Принятые сокращения 2](#_Toc5262884)

[2. Общая информация 3](#_Toc5262885)

[3. Необходимое оборудование и программы: 3](#_Toc5262886)

[4. Последовательность операций 4](#_Toc5262887)

[5. Загрузка ВПО 4](#_Toc5262888)

[5.1. Загрузка ВПО средствами отладчика среды разработки Keil. 4](#_Toc5262889)

[5.2. Начальная загрузка ВПО из ТПК через интерфейс USB. 4](#_Toc5262890)

[5.3. Перезагрузка ВПО «на ходу» по каналу «Ethernet». 7](#_Toc5262891)

[6. Конфигурирование модуля 8](#_Toc5262892)

[6.1. Проверка работоспособности модуля и установление связи с ТПК 8](#_Toc5262893)

[6.2. Проверка и корректировка установленной конфигурации 12](#_Toc5262894)

[7. Регулировка модуля 15](#_Toc5262895)

[7.1. Общие сведения 15](#_Toc5262896)

[7.2. Проверка правильности измерения входных сигналов 15](#_Toc5262897)

[7.3. Регулировка 16](#_Toc5262898)

[Приложение 1. Загрузка ВПО из среды разработки Keil uV5. 22](#_Toc5262899)

[Приложение 2. Блоки данных, передаваемых по каналу USB командами GBd x 23](#_Toc5262900)

# Изменения в редакции документа

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Редакция | Дата | Изменения |
| 1.0 | 05.04.2019 | Начальная редакция |
| 1.1 | 15.04.2019 | Уточнена редакция п.7.3.4.11. |
| 2.0 | 08.09.2020 | Доработан раздел 7.3.4 с учетом задания в конфигурации Спасп. |
| 2.1 | 15.09.2020 | Изменена редакция п.7.2.1 |
| 2.2 | 16.09.2020 | Переработан раздел 7.3. |
| 2.3 | 18.09.2020 | П.7.2.1, 7.2.8, 7.3.2, 7.3.4.1, 7.3.4.14, 7.3.5.10..12. |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |

# Принятые сокращения

АВТУК – Автоматизированный вычислительный типовой управляющий контроллер;

АТ – Автотрансформатор

АЦП – Аналого-цифровой преобразователь

ВПО – Встроенное программное обеспечение;

Модуль Э – Модуль измерения электрических параметров переменного тока;

ОС РВ – Операционная система реального времени

С2 – Формат представления данных в виде файлов протокола  
 МЭК 60870-5-104

СВУ – Система верхнего уровня (по отношению к АВТУК);

ТН – Трансформатор напряжения;

ТПК – Технологический персональный компьютер (ноутбук);

ТТ – Трансформатор тока;

УСО – «Устройство связи с объектом», ввод-вывод сигналов с внешних устройств;

# Общая информация

Настоящий документ оговаривает порядок и методику заводской проверки, конфигурирования и настройки модулей контроля изоляции высоковольтных вводов АВ-ТУК-84 (АВМР.426431.022-03) и МНК3 (АВМР.426462.004) после приемки модулей из монтажа.

Отличия методик конфигурирования и настройки для этих устройств оговариваются в необходимых местах данного документа.

Все оговоренные данным документом операции, кроме начальной загрузки ВПО модуля, реализуются в диалоговом режиме с помощью специальной программы «АВТУК-сервис» («КОМА»), загруженной в ТПК. Протокол, используемый для связи модуля с ТПК, описан в Приложении 1.

# Необходимое оборудование и программы:

* Блок питания ~220/=24 В с выходной мощностью не ниже 10 Вт;
* Адаптер Keil uLINK 2 (опционально);
* Модуль наладки АВТУК-B5 АВМР.687281.068 (для АВТУК-84);
* Источник калиброванных сигналов переменного напряжения и тока (реле-томограф) РЕТОМ (модели 51 и старше) в комплекте с кабелем питания и кабелем USB-A – USB-B для подключения к ТПК; допускается использовать другой стабильный калибратор переменного напряжения с диапазоном 0..100В и тока с диапазоном 0..1000 мА;
* Блок однофазного преобразователя тока РЕТ-10;
* Прибор электроизмерительный эталонный многофункциональный Энергомонитор-3.1КМ или аналогичный по характеристикам эталонный прибор;
* Магазин сопротивлений класса точности не хуже 0,05% с диапазоном сопротивлений не менее, чем до 200 Ом (только для МНК-3);
* Персональный компьютер (ТПК) под управлением ОС Windows 7 с установленным программным обеспечением:
* Среда разработки ПО микроконтроллеров Keil uV5 (опционально);
* Программа загрузки ВПО DfuSe фирмы ST Microelectronics;
* Пакет драйверов виртуального USB СОМ-порта Vcom
* Фирменный программный пакет *«*АВТУК-сервис*»* (поставляется в комплекте с ПО модулей АВТУК);
* Программное обеспечение прибора РЕТОМ;
* Рабочая программа модуля АВТУК-84 в версии ??? или старше, или рабочая программа устройства МНК-3 версии ??? или старше.
* Кабель USB – microUSB для подключения проверяемого модуля АВТУК-84 к ТПК, или кабель USB-A – USB-B для подключения МНК-3.
* Маршрутизатор Ethernet на два выходных канала;
* Кабели для подключения к сети Ethernet (patch cord) модуля АВТУК-B5, ТПК и эталонного измерительного преобразователя – 3 шт.

# Последовательность операций

Порядок проверки и настройки модуля на заводе-изготовителе:

1. Начальная загрузка ВПО;
2. Конфигурирование модуля;
3. Проверка работоспособности модуля (проверка выполнения основных функций);
4. Настройка модуля и проверка метрологических характеристик.

# Загрузка ВПО

Начальная загрузка ВПО в модуль осуществляется в одном из трех режимов:

## Загрузка ВПО средствами отладчика среды разработки Keil.

Данный вариант предназначен для использования только разработчиками ПО при его отладке. Соответствующая методика приведена в Приложении 1.

## Начальная загрузка ВПО из ТПК через интерфейс USB.

В этом случае ПО загружается в модуль с использованием встроенного в микроконтроллер загрузчика и установленной в ТПК фирменной программы STmicroelectronics DfuSeDemo. В этом случае загружаются файлы в формате \*.dfu, подготовленные с помощью программы DfuFileMgr.exe из соответствующего файла \*.hex загружаемого раздела ПО.

### Для загрузки ПО в этом варианте для модуля АВТУК-84 собирается схема рис.1.

Рис.1

Для перевода модуля 84 в режим загрузки ПО следует перевести тумблер SA9 на модуле АВТУК-B5 в положение «Boot» (замкнуто) и перезапустить контроллер модуля 84 нажатием кнопки S1 «Reset» на модуле АВТУК-B5.

Загрузить ПО в данном варианте можно и без подключения блока питания 24В. В этом случае питание модуля осуществляется напряжением +5В от ТПК непосредственно после подключения кабеля USB к включенному ТПК.

### Для МНК-3 ТПК подключается непосредственно к разъему USB-B на плате МНК3-ПКИ устройства до ее сборки с другими платами устройства и установки в корпус. Для загрузки ПО следует:

- отключить источник +24В если он был подключен к плате;  
- отключить от разъема USB-B устройства кабель связи с ТПК;  
- установить джампер на разъеме ХР3 платы в положение  
 «замкнуто»;  
- подключить кабель от включенного ТПК к разъему USB-B (при этом на устройство поступает напряжение питания +5В\_USB).

### Далее следует запустить на ПК программу DfuSe Demo.exe. На экране ПК откроется окно программы с пустыми полями (рис.2).

### Рис.2

Если верхнее поле «Available DFU Devices» остается пустым, для модуля 84 следует повторно нажать кнопку «Reset» на модуле АВТУК-B5; для МНК с помощью тонкого пинцета кратковременно закоротить конденсатор С47, расположенные между разъе мом ХР4 (JTAG) и электролитическим конденсатором С15. В окне программы DfuSe Demo должна появиться информация о подключенном микроконтроллере «STM Device in DFU Mode» и код производителя «Vendor ID» 0483.

### Кликните левой кнопкой мыши клавишу «Choose» в нижней части окна. Во всплывающем окне укажите путь к папке с файлом LoaderS2.dfu, выберите этот файл и кликните клавишу «Открыть», как показано на рис.3:

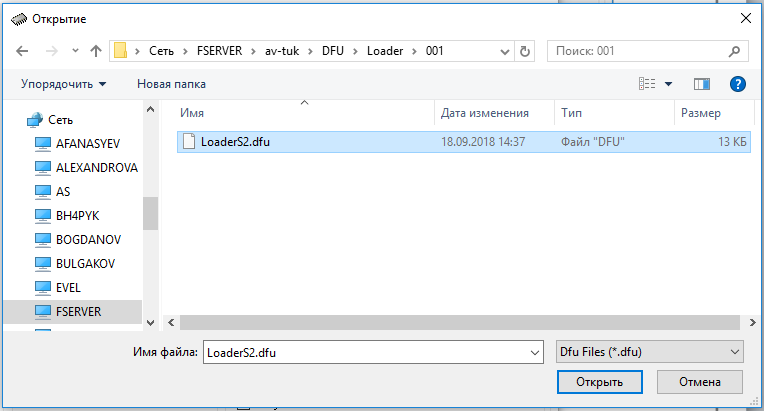


Рис.3

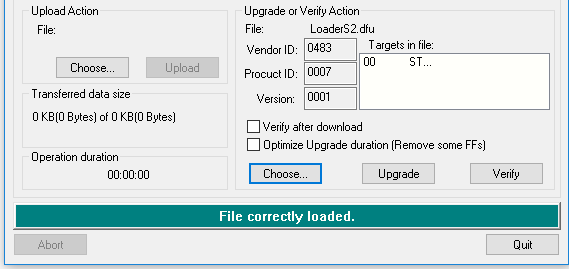
 В нижней части окна программы DfuSe Demo должна появиться информация о загружаемом файле, как показано на рис.4.

Рис.4

### Кликните в окне рис.5 клавишу «Upgrade». Во всплывающем окне с запросом (рис.5) нажмите «Да»:

Рис.5

### При успешном завершении загрузки файла в прибор в нижней части окна появится информация «Successful» (см. рис.6).

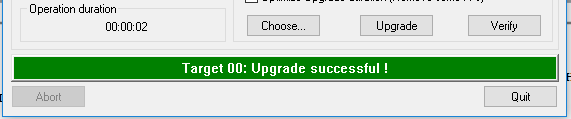
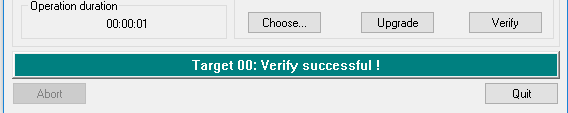


Рис.6

Для проверки правильности загрузки файла в память прибора кликните в окне рис.6 клавишу «Verify». При успешном результате должно появиться подтверждение в соответствии с рис.7:

Рис.7

### Аналогично п.5.2.4…5.2.6 загрузите в прибор актуальный файл рабочего ПО модуля, например - MNK-3 21/12/2018.dfu.

### **Закройте на ПК программу DfuSe Demo, чтобы освободить порт USB для последующей работы с программой АВТУК-сервис.**

### После успешной загрузки ВПО для запуска рабочей программы в МНК-3 - отключите питание прибора (отсоедините кабель от разъема USB) и снимите джампер с разъема ХР3 «BOOT». Соберите все платы модуля в соответствии с чертежом АВМР.426462.004 «Модуль непрерывного контроля высоковольтных вводов МНК3». поместите сборку в корпус и снова подключите кабель к разъему USB.

### Для АВТУК-84 тумблер SA9 на модуле АВТУК-B5 установите в положение «разомкнуто» и перезапустите контроллер модуля 84 нажатием кнопки S1 «Reset» на модуле АВТУК-B5.

## Перезагрузка ВПО «на ходу» по каналу «Ethernet».

To be developed.

# Конфигурирование модуля

## Проверка работоспособности модуля и установление связи с ТПК

### Для конфигурирования, проверки и настройки модуля следует подключить проверяемое устройство к ТПК согласно рис.8 для модуля АВТУК-84, или рис.9 для МНК-3.

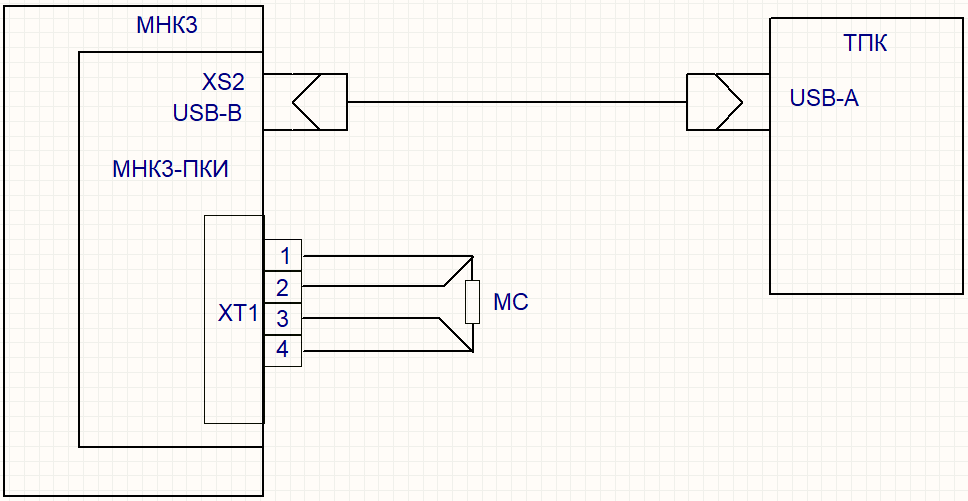
Рис.8. Подключение модуля АВТУК-84 к ТПК

Рис.9. Подключение модуля МНК3 к ТПК

### К клеммам ХТ1 1…4 МНК3 подключить магазин сопротивлений, как показано на рис.9.

### К разъемам платы ПВТН 3I3U-01 проверяемого устройства (эти платы одинаковые в модулях АВТУК-84 и МНК3) подключить однофазные сигналы напряжения и тока от имитатора сигналов АВМ-КИВ, причем токовый выход имитатора подключить через преобразователь РЕТ-10 в режиме повышения тока, как показано на рис.10.

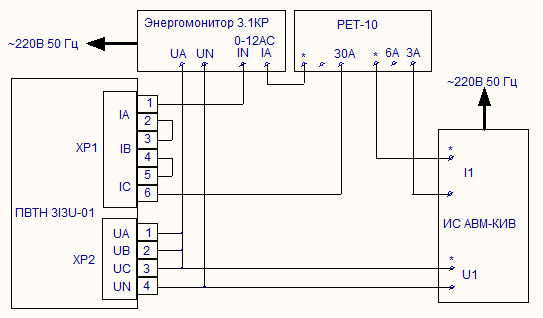


Рис.10. Подключение имитатора сигналов через повышающий преобразователь тока.

### Допускается вместо имитатора сигналов АВМ-КИВ использовать реле-томограф РЕТОМ‑51. В этом случае преобразователь РЕТ-10 используется в режиме понижения тока, как показано на рис.11.

Рис.11. Подключение РЕТОМ-51 через понижающий преобразователь тока.

### В ТПК должен быть установлен программный пакет конфигуратора «АВТУК-сервис» в версии не ниже 2.2.260.

### В исходном состоянии все устройства отключены, кроме ТПК.

### При подключении ТПК к разъему |USB проверяемого модуля светодиод «Режим» на его лицевой панели должен начать мигать с частотой примерно 1 раз в 3 секунды. Это свидетельствует о том, что:

1. светодиод исправен;
2. в модуль загружено и запущено программное обеспечение;
3. на аналого-цифровой преобразователь платы ПТВН поданы синхроимпульсы от таймера TIM8 микроконтроллера;
4. АЦП проинициализирован и передает в микроконтроллер данные измерений.
5. Уровень переменной составляющей сигналов на всех входах ниже порогового значения, при котором возможны достоверные измерения.

Если светодиод засветился, но не мигает – АЦП не работает; следует выяснить причину и устранить неисправность.

### Запустите на ПК программу «АВТУК-Сервис».

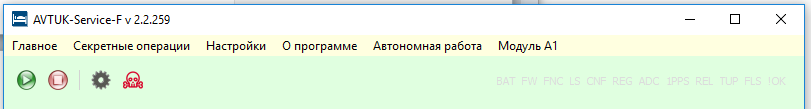
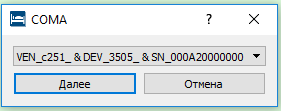
В появившемся главном окне программы (рис.12)

Рис.12

кликнуть кнопку или в опции меню программы «Главное» нажать «Соединение». Во всплывающем окне со списком доступных USB (рис.13) выбрать устройство с кодом производителя VEN\_c251 DEV\_3505 (в правой части кода устройства высвечивается код с типом печатной платы прибора (80 АВТУК-84, A2 для МНК3) типом найденного устройства, на рисунке – SN\_000А20000000) и кликнуть клавишу «Далее».

Рис.13.

### Если серийный номер прибора еще не был прописан в его ПЗУ, появится всплывающее окно с запросом пароля для ввода специальной («секретной») информации (рис.14):

Рис.14

Если серийный номер был ранее прописан, в окне программы появится таблица с информацией о приборе (см. п.6.1.6, рис.15). Если нужно изменить серийный номер (например, если он был прописан неверно), следует в верхней части окна выбрать опцию «Секретные операции» и кликнуть всплывающую клавишу «Работа с Hidden Block». Появится запрос пароля (рис.14).

Введите на клавиатуре ПК специальный пароль (передается в службу наладки предприятия разработчиком программы АВТУК-сервис) и нажмите клавишу Enter. При вводе правильного пароля откроется окно в соответствии с рис.15.

### Пропишите в соответствующих полях открывшегося окна правильные данные:

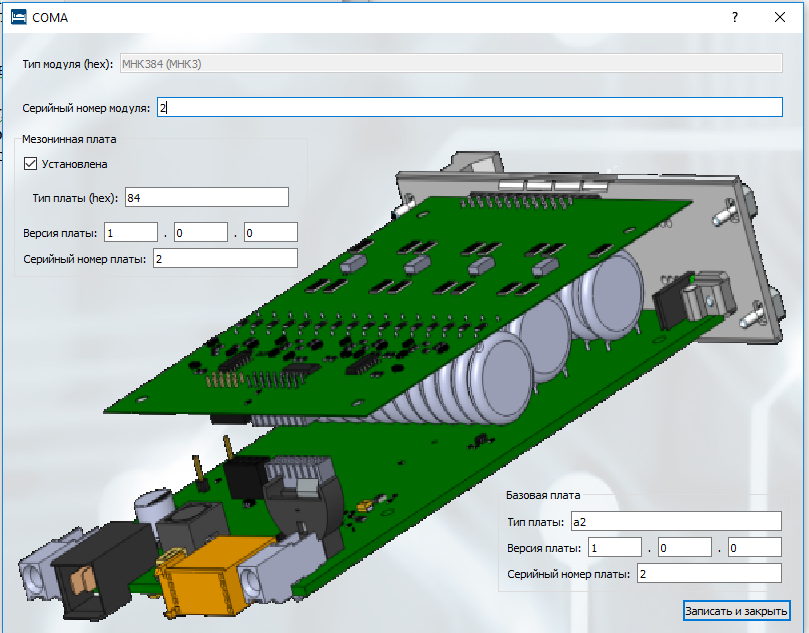
* серийный номер прибора;
* тип мезонинной платы (84), ее аппаратная версия (1.0.0) и серийный номер,
* тип базовой платы (a2 для МНК3, 80 для модуля АВТУК-84), ее аппаратная версия и серийный номер.

Рис.15

Нажмите в правом нижнем углу окна клавишу «Записать и закрыть». В течение нескольких секунд информация будет записана в ПЗУ прибора, после чего окно рис.15 закроется.

### При успешном установлении связи открывается поле «Информация» рабочего меню программы и отображаются характеристики аппаратуры и ПО прибора (рис.16)

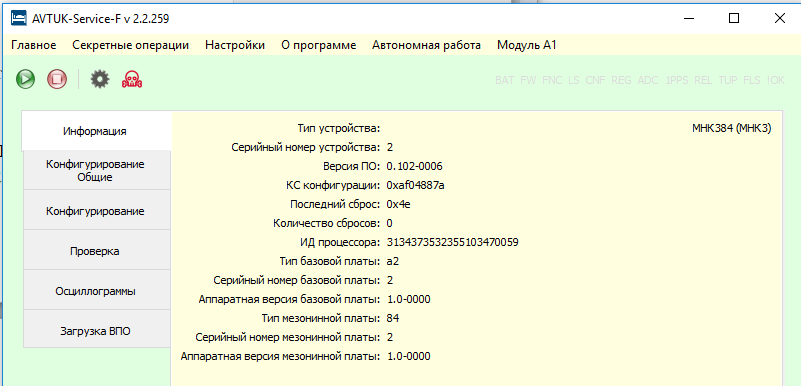


Рис.16.

Отображаемый номер версии программного обеспечения (ПО) должен быть не ниже, чем 1.02.0006, характеристики базовой и мезонинной плат должны соответствовать введенным при выполнении п.6.1.6.

## Проверка и корректировка установленной конфигурации

### Для проверки и, при необходимости, корректировки конфигурации в левом меню окна рис.16 следует кликнуть клавишу «Конфигурирование». Откроется окно рис.17.

### рис. 17.

### Кликните в этом окне клавишу «Прочитать из модуля». Если в параметре Bsi.Hth.dat принятого блока Bsi бит CONF установлен в 1 (отсутствует конфигурация), конфигуратор выбирает конфигурацию по умолчанию и переходит к п.6.2.3, иначе конфигуратор посылает запрос файла конфигурации модуля GF и принимает от модуля записанную в нем конфигурацию - файл Bciu в соответствии с документом АВМР.426431.022-03 Д1 АВТУК. «Модули 84 и МНК. Требования к программному обеспечению», п.7.2.1.

### Конфигуратор отображает первый раздел принятой конфигурации (вкладка «Аналоговые» на рис.18). Рис.18 При необходимости следует откорректировать заданные параметры. При первоначальной проверке и модуля задать максимальные действующие значения токов вводов равными 600 мА во всех трех фазах.

### Далее нужно открыть вкладку «уставки и температура» (рис.19) и откорректировать указанные в ней параметры:

### Рис.19

### Открыть в окне рис.19 вкладку «связь». Для модуля МНК3 откроется окно в соответствии с рис.20.

### Рис.20

### По согласованию с администратором сети, к которой будет подключен модуль, уточнить параметры настройки каналов связи.

### По окончании корректировки конфигурации следует нажать кнопку «записать в модуль». Конфигуратор выдает в модуль команду записи конфигурации WF с файлом **Bcid**. Модуль принимает новую конфигурацию, записывает ее в постоянную память и перестартует с ней.

### Рекомендуется запомнить установленную конфигурацию в файл. Для этого следует в окне рис.18..20 кликнуть клавишу «записать в файл». Во всплывающем окне (рис.21) уточнить путь к папке, куда будет записан файл, и имя файла. Рис.21 В предлагаемом имени файла содержится информация о типе устройства и его серийном номере. На рис.21 «а284» - устройство с базовой платой а2 и мезонинной платой 0084 (модуль МНК3).Рекомендуется к имени файла добавить дату создания, например: а284-0002-29\_03\_2019.cf . Расширение .cf менять нельзя. В папке с файлом конфигурации полезно также создать текстовый файл типа readme.txt, в котором записывать сведения о том, когда и для какого применения созданы конфигурационные файлы. В дальнейшем при необходимости можно восстановить конфигурацию, кликнув в окне рис.18..20 клавишу «прочитать из файла» и указав в окне, аналогичном рис.21, путь к ранее сохраненному файлу конфигурации.

# Регулировка модуля

## Общие сведения

Модули АВТУК-84 и МНК3 не требуют какой-либо аппаратной регулировки. Регулировка модулей заключается в автоматической настройке коэффициентов передачи и смещений сигналов переменного тока по фазе по результатам сравнения показаний проверяемого модуля и эталонного прибора. Регулировка осуществляется в диалоговом режиме с помощью программы «АВТУК-сервис» для модуля 84 или «АВМ-наладка» для модуля МНК3 (АВМ-КИВ). Далее эта программа именуется «Конфигуратор».

## Проверка правильности измерения входных сигналов

### При входе в режим «Регулировка» конфигуратор выдает в модуль команду Smode 2. Конфигуратор считывает и запоминает для последующего восстановления конфигурацию модуля. В копии конфигурации модуля устанавливаются номинальное значение линейного первичного напряжения Unom равным 220 кВ, паспортные значения емкостей вводов C\_pasp трех фаз равными 9000 пФ (максимальные измеряемые токи Imax - 600 мА). Эта конфигурация записывается в модуль.

### В режиме п.6.1.3 включите питание прибора Энергомонитор 3.1КМ и настройте его на режим измерения тока и напряжения в однофазной сети переменного тока. Установите предел измерения по напряжению 60В, по току – 2,5А.

### Включите питание источника сигналов.

### Задайте на имитаторе ИС АВМ-КИВ (схема рис.10) напряжение U1 равным 60,0В, ток I1 равным 29 мА, tgδ равным +0,2%.

### При использовании РЕТОМ-51 (схема рис.11) следует вызвать на ТПК программу управления РЕТОМ и войти в режим «Ручное управление выходами». При выключенных выходах РЕТОМ задайте частоту 51,0 Гц, выходное напряжение в фазе А на уровне 60,0 В с углом 0 градусов, ток в фазе А на уровне 5А с углом 89,9 градуса. Включите выходы РЕТОМ.

### По показаниям Энергомонитора убедитесь, что входное напряжение от источника составляет 60±0,25В, ток – 0,500±25мА, частота – 51,0±0,05Гц.

### Убедитесь, что частота мигания светодиода «Работа» на лицевой панели проверяемого модуля увеличилась до 1 Гц. Это свидетельствует о том, что по крайней мере на одном из входов модулем зафиксирован достаточный уровень переменной составляющей сигнала.

### Для модуля МНК3: установите на магазине сопротивлений сопротивление 100,0 Ом.

### Не менее, чем через 15 секунд после включения выходов РЕТОМ в окне конфигуратора нажать кнопку «Получить результаты измерений без настройки». Конфигуратор выдает в модуль команду **GBda** «Запрос блока данных без настройки» и получает в ответ блок Bda из 6 измеренных действующих значений входных сигналов в масштабе АЦП ПВТН, напряжение на входе измерения температуры от термометра Pt100 в масштабе встроенного в микроконтроллер АЦП, и значения частоты в Гц.

### Состав блока **Bda**:

typedef struct { // Оцифрованные сигналы в масштабах АЦП и частота в Гц:

float Bda.Ueff\_ADC[6];

float Frequency;

float Pt100;

}Bda\_struct;

Действующие значения сигналов во всех 6 каналах Bda.Ueff\_ADC[6] должны лежать в пределах 2 150 000 ± 150 000 ед.,  
код сопротивления на термометре – в пределах 1175 ± 120 ед.,  
значение измеренной частоты не должно отличаться от показаний Энергомонитора более, чем на ± 0,05 Гц.

Если значения сигналов выходят за указанные диапазоны, необходимо выявить причину неисправности и устранить ее.

### При выходе из режима «Регулировка» конфигуратор записывает в модуль запомненную ранее исходную конфигурацию и выдает в модуль команду Smode 0.

## Регулировка

### Для регулировки прибор помещается в термокамеру с диапазоном регулирования температуры от минус 20 до +60°С. Устанавливается нормальное значение температуры в камере 20±5°С. Источники сигналов и эталонный прибор остаются вне камеры при нормальной температуре. Допускается операции по п.7.3.2 .. 7.3.4 выполнять при размещении прибора вне термокамеры в помещении с температурой воздуха 20±7˚С.

### Для регулировки модуля в окне конфигуратора кликнуть кнопку «Регулировка» левого меню. Конфигуратор посылает в модуль запрос настроечных параметров **Gbac,** получает их, запоминает для последующей коррекции и отображает в окне «Регулировка»-«Коэффициенты».

### Формат блока настроечных параметров:

typedef struct { // Структура калибровочных параметров

//записываются во флеш мезонинной платы:

U32 N1\_TT[3]; // Число витков первичной обмотки

float KmU[3]; // калибровочные коэффициенты по напряжению в 6 каналах

float KmI1[3]; // калибровочные коэффициенты по току в 6 каналах для Кацп=1

float KmI2[3]; // калибровочные коэффициенты по току в 6 каналах для Кацп=2

float KmI4[3]; // калибровочные коэффициенты по току в 6 каналах для Кацп=4

float KmI8[3]; // калибровочные коэффициенты по току в 6 каналах для Кацп=8

float KmI16[3]; // калибровочные коэффициенты по току в 6 каналах для Кацп=16

float KmI32[3]; // калибровочные коэффициенты по току в 6 каналах для Кацп=32

float DPsi[6]; // коррекция фазы в i-м канале (в градусах)

float Tmk0; // Начальная температура МК для коррекции

float TKUa[6]; //температурные коэффициенты линейной коррекции  
// по напряжениям и токам

float TKUb[6]; //температурные коэффициенты квадратичной коррекции

float TKPsi\_a[3]; //температурные коэффициенты линейной коррекции по tg delta

float TKPsi\_b[3]; //температурные коэффициенты квадратичной коррекции по tg delta

//записываются во флеш базовой платы

float K\_freq; // коррекция частоты

float Art; // коэффициент в канале Pt100, ед.АЦП/Ом

float Brt; // смещение в канале Pt100, ед.АЦП

}Bac\_TypeDef;

Значения параметров K\_freq, KmU[ ] и KmIх[ ] должны лежать в пределах 1,0±0,05, значения DPsi[6] – в пределах ±1градус.

### Настройка канала измерения температуры окружающей среды (только для МНК3)..

### Для настройки этого канала следует кликнуть кнопку «Настроить канал Pt100».

### При входе в режим настройки на экран конфигуратора должен выдаваться запрос «ВВЕДИТЕ ПАРОЛЬ» с полем для ввода 6-значного пароля. После ввода пароля и подтверждения клавишей «ENT» проверяется правильность пароля. При ошибочном пароле в этом же окне должны появиться надписи «Пароль отклонен» и «Введите еще раз».

### Конфигуратор выдает сообщение «Установите сопротивление 80,0 Ом». Оператор устанавливает на магазине сопротивлений требуемое значение и нажимает кнопку «Готово».

### Конфигуратор N раз (значение N настраивается в разделе «Настройка» программы АВТУК-сервис) с интервалом 0,5с считывает из прибора блок Bda, усредняет и отображает значение параметра Bda.Pt100 для сопротивления 80 Ом.

### Конфигуратор, запоминает значение Bda.Pt100(80) и выдает сообщение «Установите сопротивление 120,0 Ом». Оператор устанавливает на магазине сопротивлений требуемое значение и нажимает кнопку «Готово».

### Конфигуратор вновь считывает из прибора блок Bda, запоминает значение Bda.Pt100(120) и рассчитывает новые значения калибровочных параметров для канала Pt100:

Art = (Bda.Pt100(120) – Bda.Pt100(80))/40 [ед.АЦП/Ом],

Brt = 2·Bda.Pt100(120) - 3· Bda.Pt100(80) [ед.АЦП].

Полученными значениями заменяются прежние значения в структуре Вac, и новая структура передается в модуль.

### Регулировка каналов переменного тока

### В окне конфигуратора кликнуть кнопку «Настроить каналы переменного тока». Конфигуратор запрашивает пароль. При получении правильного пароля реализуется следующая последовательность операций:

### Конфигуратор выдает в модуль команду Smode 2, затем читает из модуля и запоминает для последующего восстановления файл конфигурации и блок настроечных параметров Bac.

Из модуля 5 раз считывается значение температуры кристалла микропроцессора (Tmk из блока №0), рассчитывается среднее значение Tmk0 и помещается в новый блок Вас. Новый блок командой WBac передается в модуль.

Во временной конфигурации устанавливается номинальное значение линейного первичного напряжения Unom равным 220 кВ, паспортные значения емкостей вводов C\_pasp трех фаз равными 9000 пФ (соответствует максимальному измеряемому току 540мА и коэффициенту АЦП в токовых каналах, равному 1). Эта конфигурация передается в модуль, модуль подтверждает успешный переход на нее.

### Конфигуратор выдает сообщение оператору «задайте входные напряжения равными 57,5 В, входные токи равными 290 мА, угол между токами и напряжениями 89,9 градуса (tg δ равным +0,2%)». Оператор устанавливает требуемые значения параметров. Значение тока и напряжения при этом контролируются по показаниям прибора Энергомонитор. При использовании в качестве источника сигналов РЕТОМ-51 задается угол между током и напряжением в фазе А, при использовании имитатора АВМ-КИВ задается значение tg δ. Готовность к проведению регулировки оператор подтверждает нажатием клавиши «ОК» или «готово» в окне конфигуратора.

### Командой GBd 1 конфигуратор посылает проверяемому модулю запрос блока №1 текущих аналоговых данных в масштабе входных сигналов Bda\_in и получает в ответ данные измерений. Номера запрашиваемых блоков данных и их структура приведены в Приложении 2. Конфигуратор запрашивает данные N раз (значение N настраивается в разделе «Настройка» программы АВТУК-сервис) с интервалом 0,5с, усредняет их и отображает полученные данные в своем окне.

При этом:  
параметр Frequency отображается в Гц с точностью 4 знака после запятой;  
первые три параметра в группах IUefNat\_filt[6] и IUeff\_filtered[6] отображаются в вольтах, последние три – в мА, с точностью 3 знака после запятой;  
параметры phi\_next\_f[6] – в угловых градусах с точностью 4 знака после запятой,  
емкости Cbush [] (приведенные ко входу прибора) – в пФ, 1 знак после запятой,  
Tg\_d[] – в процентах, 4 знака после запятой,  
Pt100\_R – в омах, с точностью 3 знака после запятой,

Параметр Frequency должен составлять 51,0±0,05Гц,   
значения IUefNat\_filt[0..2] и IUeff\_filtered[0..2] должны быть близки к 57,75В,  
значения IUefNat\_filt[3..5] и IUeff\_filtered[3..5] - к 290 мА,  
значение phi\_next\_f[0 ] всегда равно 0, значения phi\_next\_f[1..2] должны лежать в пределах ±1эл.градус, phi\_next\_f[3..5] – в пределах 90±1эл. градус,  
значение Pt100\_R - 100±5 Ом.

В этом же окне конфигуратора должны присутствовать поля для ввода показаний эталонного прибора (Энергомонитор) – напряжение и ток источника сигналов, угол нагрузки и частота.  
Оператор должен ввести в эти поля показания эталонного прибора (Uэт, Iэт, φэт, fэт) и кликнуть кнопку «Настроить» в этом же окне конфигуратора.

### Конфигуратор рассчитывает новые значения калибровочных коэффициентов:

### for (i=0; i<2; i++)

### { KmU[i] new = KmU[i] old \* Uэт / UefNat\_filt[i] ;

KmI1[i] new = KmI1[i] old \* Iэт / UefNat\_filt[i+3] ;

### }

### K\_freq new = K\_freq old \* fэт / Frequency ;

### Конфигуратор определяет и запоминает новые значения коррекции смещений сигналов по фазе по алгоритму:

u8 i;

**for** (i=1; i < 3; i++) DPsi[i]new = DPsi[i]old – phi\_next\_f[i];  
**for** (i=3; i < 6; i++) DPsi[i]new = DPsi[i]old + φэт - phi\_next\_f[i];

### Конфигуратор меняет в конфигурационном блоке значения трех параметров C\_pasp [i] на 4500 пФ и передает новую конфигурацию в модуль.

### Конфигуратор выдает оператору сообщение «Задайте ток источника равным 250 мА». Оператор подтверждает исполнение клавишей «ОК» или «готово».

### Конфигуратор N раз запрашивает блок Bda\_in, усредняет и запоминает значения измеренных токов UefNat\_filt[i], i=3..5.

### По запросу конфигуратора оператор вводит в соответствующем поле значение тока, измеренное прибором «Энергомонитор».

### Конфигуратор рассчитывает новые значения калибровочных коэффициентов по току для Кацп=2:

### for (i=0; i<2; i++)

### {

KmI2[i] new = KmI2[i] old \* Iэт / UefNat\_filt[i+3] ;

### }

### Операции п.7.3.4.6…7.3.6.10 повторяются для значений C\_pasp [i] 2250, 1124, 562 и 281 пФ и задаваемых токов 140, 80, 40 и 23 мА. При использовании в качестве источника тока имитатора ИС АВМ-КИВ следует соблюдать следующие соотношения:

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Паспортное значение емкости, пФ | 9000 | 4500 | 2250 | 1124 | 562 | 281 |
| Предел измерений МНК3 Imax, мА | 600 | 400 | 200 | 100 | 50 | 25 |
| Коэффициент АЦП (справочно) | 1 | 2 | 4 | 8 | 16 | 32 |
| Предел измерения тока в приборе Энергомонитор | 2,5А | | 1А | 0,5А | 100 мА | 50 мА |
| Измеряемый ток, мА | 290 | 250 | 140 | 80 | 40 | 23 |
| Коэффициент передачи РЕТ-10 | 30:3 | | 30:6 | | 1:1 (без РЕТ-10) | |
| Ток имитатора ИС АВМ-КИВ, мА | 29 | 25 | 28 | 16 | 40 | 23 |

### Рассчитываются соответственно коэффициенты KmI4, KmI8, KmI16 и KmI32[i].

### Новыми значениями калибровочных параметров, вычисленными при выполнении п.7.3.4.4..7.3.4.11, заменяются соответствующие параметры блока Bac. Новый блок командой **WBac** передается в модуль.

При успешной записи модуль переинициализирует измерения с новыми значениями настроечных параметров.

Конфигуратор вновь посылает проверяемому модулю запрос текущих аналоговых данных и отображает их.

Значения измеренных напряжений должны теперь соответствовать показаниям эталонного прибора с погрешностью не более ±0,03В, значения токов – не более ±0,016 мА. Значения параметров phi\_next\_f[i] для i=1 и i=2должны лежать в пределах ±0,02 град., для i=3..5 - совпадать с индицируемым прибором «Энергомонитор» углом нагрузки с точностью не хуже ±0,05 градуса.

### Конфигуратор выдает запрос оператору «Закончить настройку?». Получив подтверждение (кнопка «ОК»), конфигуратор передает в модуль запомненную ранее исходную конфигурацию модуля (см. п.7.3.4.1) и при успешном выполнении выдает в модуль команду Smode 0.

### Конфигуратор выдает запрос оператору «Записать результаты настройки в файл?» и при ответе «Да» осуществляет запись в файл с расширением .tn (аналогично п. 6.2.6) и возвращается в главное окно «Регулировка» («настройка»).

### Настройка температурной коррекции.

### В окне «регулировка» оператор нажимает клавишу выбирает опцию «настройка температурной коррекции». Конфигуратор входит в соответствующий режим с запросом пароля.

### Конфигуратор выдает в модуль команду Smode 2, читает из модуля и запоминает для последующего восстановления файл конфигурации и блок настроечных параметров Bac.

### Во временной конфигурации устанавливается номинальное значение линейного первичного напряжения Unom равным 220 кВ, паспортные значения емкостей вводов C\_pasp трех фаз равными 2250 пФ (соответствует максимальному измеряемому току 200 мА и коэффициенту АЦП в токовых каналах, равному 4). Эта конфигурация передается в модуль, модуль подтверждает успешный переход на нее. В блоке Bac устанавливаются нулевые значения параметров TKUa[0..5], TKUb[0..5], TKPsi\_a[0..2] и TKPsi\_b[0..2] и измененный блок Bac передается в прибор.

### Конфигуратор выдает оператору сообщение «Задайте входные напряжения равными 57,5 В, входные токи равными 140 мА, угол между токами и напряжениями 89,9 градуса (tg δ равным +0,2%)». Оператор подтверждает исполнение клавишей «ОК» или «готово».

### Конфигуратор выдает запрос оператору «Установите в камере температуру 60±2°С». Оператор переводит термокамеру в режим нагрева с уставкой 60°С , убеждается, что заданная температура выдерживается в течение времени не менее 30 минут и подтверждает это клавишей «готово».

### Конфигуратор N раз запрашивает из прибора блоки данных Bda\_temp и Bda\_in. По N замерам определяются и запоминаются усредненные измеренные значения напряжений и токов Bda\_in.UefNat\_filt[i], i=0 .. 5, углы токов , i=0 .. 2, температуры микроконтроллера Tmk+ = Bda\_temp.Tmk , а также показания эталонного измерителя напряжения Uэт+, Iэт+, φэт+ для повышенной температуры.

### Конфигуратор выдает запрос оператору «Установите в камере температуру минус 20±2°С». Оператор переводит термокамеру в режим охлаждения с уставкой минус 20°С , убеждается, что заданная температура выдерживается в течение времени не менее 30 минут и подтверждает это клавишей «готово».

### Конфигуратор N раз запрашивает из прибора блоки данных Bda\_temp и Bda\_in. По N замерам определяются и запоминаются усредненные измеренные значения напряжений и токов Bda\_in.UefNat\_filt[i], i=0 .. 5, углы токов , i=0 .. 2, температуры микроконтроллера Tmk- = Bda\_temp.Tmk , а также показания эталонного измерителя напряжения Uэт -, Iэт -, φэт - для пониженной температуры.

### Конфигуратор рассчитывает коэффициенты температурной коррекции напряжений и токов в 6 каналах (i=0 .. 5) по соотношениям

, , где – значение из запомненного ранее блока Вас,

,

**,**

**,**

и параметры коррекции по углам токов для i=0 .. 2 по соотношениям:

,

,

**,**

.

### Параметры , , , заносятся в новый блок калибровочных параметров Вac. и этот блок записывается в модуль.

### Конфигуратор выдает запрос оператору «Настройка закончена. Сохранить?». Получив подтверждение (кнопка «ОК»), конфигуратор передает в модуль обновленный блок Bac, затем - запомненную ранее исходную конфигурацию модуля (см. п.7.3.4.1) и при успешном выполнении выдает в модуль команду Smode 0.

### Конфигуратор выдает запрос оператору «Записать результаты настройки в файл?» и при ответе «Да» осуществляет запись в файл с расширением .tn (аналогично п. 6.2.6) и возвращается в главное окно «Регулировка» («настройка»).

# Приложение 1. Загрузка ВПО из среды разработки Keil uV5.

Данный вариант загрузки ПО предназначен для использования только разработчиками ПО при его отладке. В этом случае загружается непосредственно из среды Keil объектный файл скомпилированной программы.

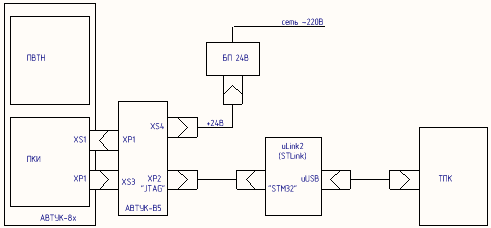
Для загрузки ВПО из среды разработки Keil модуль 84 устанавливается в «магистральные» разъемы модуля наладки АВ-ТУК-05, 20-контактный разъем ХР2 которого «JTAG» подключается штатным плоским кабелем через аппаратный адаптер Keil uLINK 2 или STLink к ТПК с установленными программами Keil uV4 и uV5. (рис.П2.1). Для устройства МНК-3 к адаптеру подключается непосредственно четырехконтактный разъем ХР-4 платы МНК-3 ПКИ через переходный плоский кабель.

Рис.П2.1. Схема соединений для загрузки ВПО из среды Keil.

Загружается два файла:

* сначала из среды Keil uV4 загружается скомпилированная программа-загрузчик проекта Loader\_AVTUK,
* затем из среды Keil uV5 загружается скомпилированная программа проекта M84 (МНК-3).

# Приложение 2. Блоки данных, передаваемых по каналу USB командами GBd x

**Блок №0:** Температура контроллера и напряжение батарейки

Структура блока:

typedef struct {

float Tmk; // Температура кристалла микроконтроллера, °С

float Vbat; // Напряжение аккумуляторной батареи, В

}Bda\_temp;

**Блок №1:** измеренные данные в масштабе входных сигналов (Bda\_in).

### Структура блока:

typedef struct { // Структура блока выходных данных

// в масштабах входных сигналов (для настройки)

float Frequency; // Частота в сети, Гц

float IUefNat\_filt[6]; // Истинные действующие значения сигналов (в вольтах или мА на входе)

float IUeff\_filtered[6]; // действующие значения сигналов по 1-й гармонике

float phi\_next\_f[6]; // Углы сдвига сигналов по 1-й гармонике относительно Ua в градусах

float Cbush[3]; // емкости вводов

float Tg\_d[3]; // tg delta вводов

float Pt100\_R; // Измеренное сопротивление термометра, Ом

}Bda\_in\_struct;

**Блок №2:** выходные данные по сигналам напряжения (Bda\_gr1):

Bda\_GR\_IU Bda\_gr1; // Блок выходных аналоговых данных по напряжениям

**Блок №3:** выходные данные по сигналам токов (Bda\_gr2):

Bda\_GR\_IU Bda\_gr2; // Блок выходных аналоговых данных по токам

Структура блоков 2 и 3 одинакова:

typedef struct { // Структура выходных аналоговых данных для одной тройки сигналов

FLOAT104 IUefNat\_filt[4]; // истинные действующие значения сигналов трех фаз и их среднее;

FLOAT104 IUeff\_filtered[4];// действующие значения сигналов трех фаз по 1-й гармонике  
 // и их среднее;

FLOAT104 KrF[3]; // крест-фактор по трем фазам

FLOAT104 U0; // сигнал нулевой последовательности;

FLOAT104 U1; // сигнал прямой последовательности;

FLOAT104 U2; // сигнал обратной последовательности;

FLOAT104 Kunsim0; // коэфф. несимметрии по нулевой последовательности;

FLOAT104 Kunsim2; // коэфф. несимметрии по обратной последовательности;

}Bda\_GR\_IU;

**Блок №4:** Расчетные данные (Bda\_Calc):

typedef struct { // Структура блока выходных данных по расчетным параметрам

FLOAT104 Cbush[3]; // емкости вводов, пФ

FLOAT104 Tg\_d[3]; // tg delta вводов? %

FLOAT104 dCbush[3]; // изменение емкости вводов, % от C\_init

FLOAT104 dTg\_d[3]; // изменение tg delta вводов, %

FLOAT104 Iunb; // действующее значение тока небаланса, мА

FLOAT104 Phy\_unb; // угол тока небаланса относительно тока ф.А

}Bda\_CALC;

**Блок №5**: Выходные данные, общие для двух троек сигналов (Bda\_Common):

typedef struct { // Структура блока выходных данных, общих для двух троек сигналов

FLOAT104 Frequency; // Частота в сети

FLOAT104 phi\_next\_f[6]; // Углы сдвига между сигналами в 6 каналах

}Bda\_COMM;

**Блок №6:** Сводная сборка данных для записи в тренд (Bda\_trend).

Структура блока:

typedef struct { // Структура блока выходных данных для записи в тренд

U32 NUM; // номер записи в ПЗУ (от Адама!)

U32 Time; // время записи в формате UNIX

float Ueff[3]; // действующие значения напряжений на вводах (в кВ)

float Ieff[3]; // действующие значения токов вводов (мА)

float Frequency; // частота в сети

float U0; // напряжение нулевой последовательности

float U1; // напряжение прямой последовательности

float U2; // напряжение обратной последовательности

float I0; // ток нулевой последовательности

float I1; // ток прямой последовательности

float I2; // ток обратной последовательности

float Cbush[3]; // емкости вводов, пФ

float Tg\_d[3]; // tg delta вводов? %

float dCbush[3]; // изменение емкости вводов, % от C\_init

float dTg\_d[3]; // изменение tg delta вводов, %

float Iunb; // действующее значение 1-й гармоники тока небаланса, мА

float Phy\_unb; // угол тока небаланса относительно тока ф.А, град

float Tmk; // температура кристалла микроконтроллера

float Tamb; // температура окружающей среды

u32 res; // резервное слово

}Bda\_trend\_struct; // итого sizeof(Bda\_trend\_struct)=32\*4=128 байт.