

# АВМ-СК

Устройство синхронной коммутации  
высоковольтных выключателей

Руководство по эксплуатации  
АВМР.421417.044 РЭ



ООО «АВМ-Энерго» [www.avmenergo.ru](http://www.avmenergo.ru)  
Автоматизация и мониторинг в энергетике

Настоящее руководство по эксплуатации (далее по тексту – РЭ, Руководство) предназначено для ознакомления специалистов, осуществляющих проектирование, монтаж и обслуживание шкафов управления или шкафов привода высоковольтных выключателей, с назначением, структурой, составом, функциональными и техническими характеристиками устройства синхронной коммутации высоковольтных выключателей АВМ-СК АВМР.421417.044 ТУ (далее по тексту – АВМ-СК). Также в документе содержатся сведения, необходимые для эксплуатации устройства АВМ-СК, его технического обслуживания и ремонта, транспортирования и хранения, а также информация, удостоверяющая гарантии изготовителя.

Руководство по эксплуатации является типовым для различных исполнений устройства АВМ-СК.

## ПЕРЕЧЕНЬ ПРИНЯТЫХ СОКРАЩЕНИЙ

АВ-ТУК	–	Автоматизированный вычислительный типовой управляющий контроллер; разработан и производится компанией ООО «АВМ-Энерго»;
АПВ	–	Автоматическое повторное включение;
АСУ ТП	–	Автоматизированная система управления техпроцессом;
АЦП	–	Аналого-цифровой преобразователь;
КБ	-	Конденсаторная батарея
КРУЭ	–	Комплектное распределительное устройство элегазовое;
ПВДС	–	Плата ввода дискретных сигналов;
ПВТН	–	Плата ввода токов и напряжений;
ПИ	–	Плата изолирующая;
ПК	–	Персональный компьютер;
ПКИ	–	Плата контроллера и интерфейсов;
ТТ	–	Трансформатор тока;
ЦКУ	-	Центральный контроллер управления (модуль АВ-ТУК-12)
NTP	–	Network Time Protocol (протокол сетевого времени);
SCADA	–	Supervisory Control And Data Acquisition (диспетчерское управление и сбор данных);
SNTP	–	Simple Network Time Protocol (протокол синхронизации времени по компьютерной сети);

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Меры безопасности .....	5
2. Описание и работа изделия.....	6
2.1. Назначение изделия .....	6
2.2. Технические характеристики .....	8
2.3. Комплектность изделия .....	12
2.4. Общий вид изделия .....	13
2.5. Составные части изделия.....	14
2.6. Работа изделия.....	19
2.6.1. Особенности процесса включения выключателя .....	21
2.6.2. Особенности процесса размыкания выключателя.....	24
2.6.3. Коррекция собственного времени включения и отключения полюсов выключателя при изменении влияющих факторов.....	25
2.6.4. Адаптивный алгоритм коррекции собственного времени включения и отключения полюсов .....	26
2.7. Алгоритмы работы изделия.....	27
2.7.1. Коммутация конденсаторной батареи .....	27
2.7.2. Коммутация шунтирующих реакторов.....	31
2.7.3. Коммутация ненагруженных трансформаторов .....	37
2.7.4. Коммутация ненагруженной линии .....	39
2.8. Маркировка и пломбирование .....	40
3. Использование по назначению.....	41
3.1. Эксплуатационные ограничения.....	41
3.2. Подготовка изделия к использованию .....	41
3.2.1. Меры безопасности при подготовке изделия к использованию .....	42
3.2.2. Положения органов управления и настройки перед включением изделия.....	42
3.2.3. Ввод устройства в работу.....	43
3.2.4. Конфигурирование устройства.....	43
3.2.5. Проверка работы устройства совместно с выключателем.....	64
3.2.6. Ввод устройства в эксплуатацию .....	65
3.3. Использование изделия.....	67
3.3.1. Контроль текущих показаний устройства .....	67
3.3.2. Просмотр журнала переключений и осциллограмм.....	70
3.3.3. Просмотр журнала событий.....	76
3.3.4. Самодиагностика устройства.....	76

3.3.5.	Изменение настроек подключения к устройству .....	78
3.3.6.	Обновление конфигурационного файла проекта модуля АВ-ТУК-12 .....	78
3.3.7.	Установка/коррекция системного времени .....	78
3.3.8.	Контроль функционирования изделия .....	78
3.3.9.	Возможные неисправности устройства и способы их устранения .....	85
3.3.10.	Порядок выключения изделия .....	89
3.4.	Действия в экстремальных условиях .....	90
3.4.1.	При пожаре .....	90
3.4.2.	При попадании в аварийные условия эксплуатации .....	90
4.	Техническое обслуживание изделия .....	91
4.1.	Общие указания .....	91
4.2.	Меры безопасности при техническом обслуживании .....	91
4.3.	Порядок технического обслуживания изделия .....	92
4.4.	Проверка работоспособности изделия .....	95
5.	Ремонт .....	95
5.1.	Общие указания .....	95
5.2.	Меры безопасности при ремонте .....	96
5.3.	Порядок замены модулей устройства .....	96
6.	Хранение .....	99
7.	Транспортирование .....	99
8.	Утилизация .....	100
9.	Гарантийные обязательства .....	100
Приложение 1. Перечень входных сигналов .....		101
Приложение 2. Схема внешних подключений .....		102
Приложение 3. Состав регистров МЭК 60870-5-104 .....		104

## 1. Меры безопасности

Использование АВМ-СК должно выполняться в строгом соответствии с действующими «Правилами технической эксплуатации электроустановок потребителей электрических станций и сетей РФ» (ПТЭЭП), «Правилами устройства электроустановок» (ПУЭ), «Правилами по охране труда при эксплуатации электроустановок» в редакции Приказа Минтруда России от 19.02.2016 № 74н (ПОТЭЭ).

По безопасности устройство АВМ-СК соответствует требованиям ГОСТ Р 51350, категория монтажа II, степень загрязнения 1. Степень защиты оболочек по ГОСТ 14254 – IP20. По защите от поражения электрическим током АВМ-СК соответствует требованиям ГОСТ Р 52319-2005 (МЭК 61010-1-2001). По электромагнитной совместимости (помехоэмиссии и помехоустойчивости) УСК соответствует требованиям к оборудованию класса «А», по критерию функционирования — «А» по ГОСТ Р 51522-99 (МЭК 61326-1-97).

При работе с изделием необходимо следить за исправностью изоляции подключаемых проводов. Натяг и механические воздействия на них не допускаются.

При работе с АВМ-СК должна быть обеспечена целостность вторичных цепей трансформаторов тока. Обслуживающий персонал, допущенный к работам с АВМ-СК, должен знать правила работы с токовыми цепями и пройти соответствующий инструктаж.

Устройство АВМ-СК должно быть заземлено по ГОСТ 12.2.007.0 при помощи контакта заземления входного разъема питания. Сопротивление между контактом заземления и любой точкой корпуса не должно превышать 0,1 Ом.



### **ВНИМАНИЕ!**

К обслуживанию устройства допускаются лица, ознакомленные с настоящим руководством по эксплуатации, устройством и работой АВМ-СК, а также имеющие квалификационную группу по технике безопасности не ниже третьей и имеющие допуск к работе с электроустановками напряжением до 1000 В.

## 2. Описание и работа изделия

### 2.1. Назначение изделия

При коммутации цепей в электрических сетях возникают переходные процессы, сопровождающиеся значительными перенапряжениями и/или бросками тока с плохо затухающими высокочастотными и апериодическими составляющими. Эти возмущения создают нежелательные и опасные воздействия на высоковольтное оборудование и ухудшают качество электроэнергии в сети.

Степень нежелательных воздействий зависит от типа коммутируемого оборудования. Для каждой операции включения и отключения выключателя в зависимости от типа нагрузки имеются оптимальные, с точки зрения минимизации возмущений, моменты коммутации каждого полюса выключателя. Назначение устройства синхронной коммутации состоит в реализации стратегии управления выключателем, обеспечивающей коммутацию полюсов в моменты, наиболее близкие к оптимальным, с учетом особенностей и параметров конкретных выключателей.

Устройство синхронной коммутации высоковольтных выключателей АВМ-СК предназначено для управления формированием исполнительных команд на соленоиды включения и отключения фаз высоковольтных выключателей с целью реализации замыкания или размыкания главных контактов выключателя в требуемую фазу опорного напряжения сети или тока коммутируемой нагрузки. Устройство АВМ-СК служит для облегчения протекания переходных процессов при оперативных коммутациях или в цикле АПВ.

Устройство предназначено для применения совместно с высоковольтными выключателями классов 110 - 750 кВ, выполненных с функционально независимыми полюсами (имеющими отдельный привод на каждый полюс выключателя).

Устройство АВМ-СК обеспечивает выполнение следующих функций.



Прием и обработка сигналов от датчиков и систем, установленных на высоковольтном выключателе, в соответствии с Приложением 1 настоящего руководства.



Реализация оперативного управления высоковольтным выключателем с управлением моментом коммутации, включая:

- непрерывное измерение мгновенных значений тока и напряжений на сторонах источника и нагрузки выключателя с дискретностью по времени 0,08 мс;
- определение по встроенным часам реального времени моментов перехода через ноль тока и напряжения опорной фазы с точностью не менее 1 мкс, расчет длительности периода и частоты в сети;
- отслеживание с дискретностью по времени 0,08 мс состояния блок - контактов включенного и отключенного состояний фаз выключателя и поступления внешних контактных сигналов (команд) на включение и отключение фаз выключателя;

- при поступлении внешних команд включения / отключения – расчет ближайших возможных моментов выдачи исполнительных команд на соленоиды включения / отключения, обеспечивающих замыкание/размыкание главных контактов фаз выключателя в наиболее благоприятные для конкретного типа нагрузки моменты кривых напряжения или тока, с учетом реальной частоты в сети и фактического собственного времени включения/отключения выключателя;
- выдача исполнительных команд на соленоиды в вычисленные моменты по часам реального времени.



Аппаратное и программное исключение возможности «зависания» устройства, ложных включений и отключений выключателя.



Осциллографирование процессов коммутации с фиксацией токов и напряжений по сторонам выключателя, состояний его блок - контактов, входных и исполнительных команд, с включением в запись интервала длительностью 20-40 мс, предшествующего коммутации.



Измерение дополнительных аналоговых параметров, влияющих на собственное время срабатывания выключателя (напряжение в сети оперативного постоянного тока, температура окружающей среды, температура в приводе каждой фазы выключателя, давление в гидроприводе каждой фазы выключателя, если они используются), и коррекция собственного времени срабатывания с учетом этих параметров.



Контроль целостности цепей соленоидов выключателя.



Определение количественных показателей коммутации и эффективности устройства:

- собственное время включения / отключения полюса выключателя;
- полное время отключения полюса выключателя;
- время перемещения главного контакта при включении / отключении полюса выключателя;
- время горения дуги в полюсе выключателя;
- время безоперационного простоя полюса выключателя;
- погрешность выполненной синхронной коммутации.



Расчет выработанного и остаточного механического и коммутационного ресурса выключателя.



Формирование предупредительной и аварийной сигнализации при выходе контролируемых параметров за допустимые пределы и общей сигнализации по устройству.



Архивирование информации по всем операциям, в том числе, архивирование осциллограмм с длительностью записи 500 мс, за весь срок службы выключателя.



Синхронизация с системой единого астрономического времени от внешней антенны GPS / Глонасс (опционально) или по протоколу SNTP.



Интеграция в АСУ ТП объекта по интерфейсу Ethernet по протоколам ModBus TCP, IEC 60870-5-104, а также IEC 61850 (MMS) (опционально).



Визуальная индикация текущего состояния устройства, выключателя, предупредительной и аварийной сигнализации, а также конфигурирование устройства с использованием сервисного программного обеспечения через подключаемый персональный компьютер.



Самодиагностика внутренних узлов устройства.

## 2.2. Технические характеристики

Технические характеристики устройства АВМ-СК и его составных частей приведены в табл. 2.1.

Таблица 2.1. Технические характеристики АВМ-СК

Характеристика		Значение
<b>Условия эксплуатации</b>		
Температура окружающей среды, °С	нормальная	20 ± 5
	рабочая	-25...+70
Температура хранения и транспортировки, °С		-50...+50
Относительная влажность, %	нормальная	30...80
	рабочая при +30 °С, не более	95
Тип атмосферы по ГОСТ 15150		II
Атмосферное давление на высоте 1000 м над уровнем моря, кПа, не более		84...106,7
Устойчивость к механическим воздействиям по ГОСТ Р 52931		N3
Группа механического исполнения по ГОСТ 17516.1		M39
Устойчивость и прочность к воздействию синусоидальных вибраций по ГОСТ 17516.1		M6
Степень пыле- и влагозащиты по ГОСТ 14254		IP20
<b>Характеристики надежности</b>		
Срок службы, лет		20
<b>Конструктивные характеристики контроллера АВ-ТУК-05.001</b>		
Габаритные размеры (Ширина × Высота × Глубина), мм, не более		270×135×265
Масса, кг, не более		4,0
<b>Конструктивные характеристики модуля АВ-ТУК-41</b>		
Габаритные размеры (Ширина × Высота × Глубина), мм, не более		136×100×126
Масса, кг, не более		0,5
<b>Характеристики модуля питания АВ-ТУК-91</b>		
Количество вводов питания, шт.		1
Номинальное напряжение ввода питания, В		~90...264    =127...370
Частота напряжения питания, Гц		47...53    –
Номинальное выходное напряжение, В		=24
Номинальная выходная мощность, Вт		100
Защита выходных цепей питания от короткого замыкания		Да
Защита выходных цепей питания от перенапряжения		Да
Защита источника питания от перегрева		Да
Фильтрация входного напряжения питания		Да

Характеристика	Значение
<b>Характеристики модуля процессора АВ-ТУК-12</b>	
Тип используемого процессора	Cortex A8
Объем оперативной памяти, Мб	512
Объем flash-памяти, Мб, не менее	8192
Операционная система	Linuxkernel 3.16
Количество интерфейсов связи с системой верхнего уровня	1
Тип интерфейса связи с системой верхнего уровня	Ethernet 100BASE-T
Поддерживаемые протоколы связи с системой верхнего уровня	МЭК 60870-5-104, МЭК 61850, Modbus TCP
Количество интерфейсов связи с датчиками и устройствами нижнего уровня	2
Тип интерфейса связи с датчиками и устройствами нижнего уровня	RS-485
Поддерживаемые протоколы связи с датчиками и устройствами нижнего уровня	Modbus RTU, Modbus ASCII, МЭК 60870-5-101
<b>Характеристики каналов ввода аналоговых сигналов модуля АВ-ТУК-2135</b>	
Количество входных аналоговых каналов	8
Входное сопротивление измерительного канала в режиме ввода токов, Ом	520±15
Входное сопротивление измерительного канала в режиме ввода напряжения, кОм, не менее	50
Граничная частота, Гц	12,0
Период обновления, мс	20
Гальваническая изоляция от цепей питания, кВ	отсутствует
<b>Характеристики каналов вывода релейных сигналов модуля АВ-ТУК-2135</b>	
Количество выходных релейных каналов	4
Тип выхода	электромеханический
Тип выходного контакта	переключающийся
Коммутационная способность выходных контактных сигналов, не более	=30 В, 5 А
	=220 В, 0,5 А
	~230 В, 10 А
Время замыкания / размыкания контакта (от момента выдачи управляющего сигнала из процессора), мс, не более	20
Время «дребезга» контакта при замыкании/размыкании, мс, не более	15
Количество срабатываний (механический ресурс), шт., не менее	5×10 <sup>6</sup>
Количество срабатываний (при 10 А, ~250 В, 85 °С, активная нагрузка), шт., не менее	30×10 <sup>3</sup>
Гальваническая изоляция от цепей питания, кВ, не менее	2,0
Гальваническая изоляция между каналами, кВ, не менее	2,0

Характеристика	Значение
<b>Характеристики каналов ввода дискретных сигналов =220 В модуля АВ-ТУК-85</b>	
Количество каналов	12
Напряжение питания контактного входа, В	=130...350
Входной ток одного канала при напряжении =220 В, мА, не более	7
Погрешность привязки к астрономическому времени, мс, не более	1,0
Гальваническая изоляция от цепей питания, кВ, не менее	2,0
<b>Характеристики каналов ввода дискретных сигналов =24 В модуля АВ-ТУК-85</b>	
Количество каналов	2
Напряжение питания контактного входа, В	=11...30
Входной ток одного канала при =24 В, мА, не более	7
Гальваническая изоляция от цепей питания, кВ, не менее	2,0
<b>Характеристики каналов ввода сигналов переменного напряжения 0...57,74 В и тока 0...5 А модуля АВ-ТУК-85</b>	
Количество входных каналов измерения тока	3
Количество входных каналов измерения напряжения	6
Интервал дискретности оцифровки входных аналоговых сигналов, мс, не более	0,08
Осциллографирование токов и напряжений при коммутации выключателя с дискретизацией по времени, мс	0,08
Гальваническая изоляция от цепей питания, кВ, не менее	2,0
Гальваническая изоляция между каналами, кВ, не менее	2,0
<b>Характеристики каналов вывода дискретных сигналов =0...50 В, до 0,5 А модуля АВ-ТУК-85</b>	
Количество каналов	6
Тип выхода	открытый коллектор
Коммутационная способность выходных контактных сигналов, не более	=0...24 В, до 0,5 А
Время замыкания/размыкания контакта (от момента выдачи управляющего сигнала из процессора), мс, не более	0,001
Гальваническая изоляция от цепей питания, кВ, не менее	2,0
<b>Характеристики каналов ввода дискретных сигналов управления модуля АВ-ТУК-41</b>	
Тип входного сигнала	открытый коллектор
Команда «включить»	разомкнуто
Команда «отключить»	замкнуто
Напряжение на замкнутом входе, В, не более	1
Входной вытекающий ток в режиме «замкнуто», мА	1
Напряжение на разомкнутом входе, В, не более	3
<b>Характеристики каналов управления соленоидом модуля АВ-ТУК-41</b>	
Тип выхода	твердотельный

Характеристика		Значение
Максимальное напряжение на разомкнутом ключе, В		=264
Максимальный коммутируемый ток, А	при длительности импульса до 300 мс	10
	длительно	1
Ток утечки в закрытом состоянии, мА, не более		1
Время замыкания/размыкания контакта (от момента поступления управляющего сигнала), мкс, не более		1
Гальваническая изоляция от цепей питания, кВ, не менее		2,0
<b>Характеристики канала вывода дискретного сигнала контроля соленоида модуля АВ-ТУК-41</b>		
Напряжение высокого уровня (сигнал «исправно») на нагрузку до 10 мА, В, не менее		+20
Напряжение низкого уровня (сигнал «неисправно»), В, не более		+0,5

Метрологические характеристики устройства АВМ-СК приведены в табл. 2.2.

Таблица 2.2. Метрологические характеристики АВМ-СК

Характеристика		Значение
<b>Характеристики каналов ввода сигналов переменного тока 0...5 А модуля АВ-ТУК-85</b>		
Диапазон измерения тока, А:		
- номинальный (программируется)		0...1, 0...5
- перегрузочный		0...100
Погрешность измерения тока в режимах 1 А / 5 А, А, не более:		
- основная	в диапазоне токов от 0 до 2 I <sub>н</sub>	±0,02/0,1
	в диапазоне токов от 2 I <sub>н</sub> до 20 I <sub>н</sub>	±0,2/1
- дополнительная, в диапазоне рабочих температур	в диапазоне токов от 0 до 2 I <sub>н</sub>	±0,02/0,1
	в диапазоне токов от 2 I <sub>н</sub> до 20 I <sub>н</sub>	±0,2/1
<b>Характеристики каналов ввода сигналов переменного напряжения 0...57,74 В модуля АВ-ТУК-85</b>		
Диапазон измерения напряжения, В		0...120
Погрешность измерения напряжения, В, не более:		
- основная		±0,12
- дополнительная, в диапазоне рабочих температур		±0,12
Диапазон измерения частоты, Гц		40...70
Погрешность измерения частоты, Гц		±0,05
<b>Характеристики каналов ввода аналоговых сигналов модуля АВ-ТУК-2135</b>		
Диапазон измерения тока, мА		-20...+20
Погрешность измерения тока, приведенная к диапазону, %, не более:		
- основная		±0,25

Характеристика	Значение
- дополнительная, в диапазоне рабочих температур	±0,25
Диапазон измерения напряжений, В	-5...+5
Погрешность измерения напряжений, приведенная к диапазону, %, не более:	
- основная	±0,25
- дополнительная, в диапазоне рабочих температур	±0,25

Встроенные часы текущего времени устройства АВМ-СК обеспечивают ведение времени с разрешением до 1мс. Питание часов осуществляется от встроенной батареи со временем непрерывной работы не менее 2-х лет.

Суточный уход часов устройства не превышает ±2 с. Предусмотрена коррекция времени при подключении к внешнему серверу времени по сети Ethernet по протоколу SNTP с точностью до 1 мс, а также синхронизация часов по сигналу 1PPS от антенны GPS / Глонасс с точностью до 1 мкс.



### **ВНИМАНИЕ!**

Для ведения точного времени в устройстве АВМ-СК рекомендуется использование любого из способов синхронизации времени – от внешнего сервера времени по протоколу SNTP или от антенны GPS / Глонасс.

В случае если ни один из способов синхронизации времени не используется, рекомендуется контролировать состояние встроенной батареи (по п. 3.3.8) и своевременно заменять ее при разряде.

## 2.3. Комплектность изделия

Комплектность устройства АВМ-СК отображена в таблице 2.3.

Таблица 2.3. Комплектность устройства АВМ-СК

№	Наименование	Количество
1.	Контроллер АВ-ТУК-05.001 (АВМР.424457.001-05.001), в составе:	1 шт.
1.1.	Плата объединительная АВ-ТУК-71 (АВМР.687282.001)	1 шт.
1.2.	Плата коммутатора ЛВС АВ-ТУК-72 (АВМР.687281.062)	1 шт.
1.3.	Модуль питания АВ-ТУК-91 (АВМР.436537.002)	1 шт.
1.4.	Модуль процессора АВ-ТУК-12 (АВМР.426419.016)	1 шт.
1.5.	Модуль комбинированный АВ-ТУК-2135 (АВМР.426431.021-02)	1 шт.
1.6.	Модуль контроля и управления высоковольтным выключателем АВ-ТУК-85 (АВМР.426471.003)	1 шт.

№	Наименование	Количество
2.	Модуль управления и контроля соленоидов высоковольтного выключателя АВ-ТУК-41 (АВМР.687281.075) для управления одной из операций (включение или отключение выключателя)	2 шт.
3.	Комплект сопроводительной документации (одна копия на бумаге)	1 шт.
4.	Компакт-диск с программным обеспечением и сопроводительной документацией	1 шт.

Дополнительно по требованию заказчика в комплект АВМ-СК могут входить устройства и программное обеспечение, представленное в таблице 2.4.

Таблица 2.4. Дополнительные опции для устройства АВМ-СК

№	Наименование	Количество
5.	Датчик температуры внутри шкафа привода фазы А выключателя (4...20 мА)	1 шт.
6.	Датчик температуры внутри шкафа привода фазы В выключателя (4...20 мА)	1 шт.
7.	Датчик температуры внутри шкафа привода фазы С выключателя (4...20 мА)	1 шт.
8.	Датчик температуры окружающей среды (4...20 мА)	1 шт.
9.	Антенна GPS / Глонасс	1 шт.
10.	Программное обеспечение с поддержкой протокола IEC 61850 (MMS)	1 шт.

## 2.4. Общий вид изделия

Общий вид контроллера АВ-ТУК-05.001 и модуля АВ-ТУК-41, входящих в состав устройства АВМ-СК, показаны на рисунках 2.1 и 2.2 (может отличаться для актуальной реализации устройства).

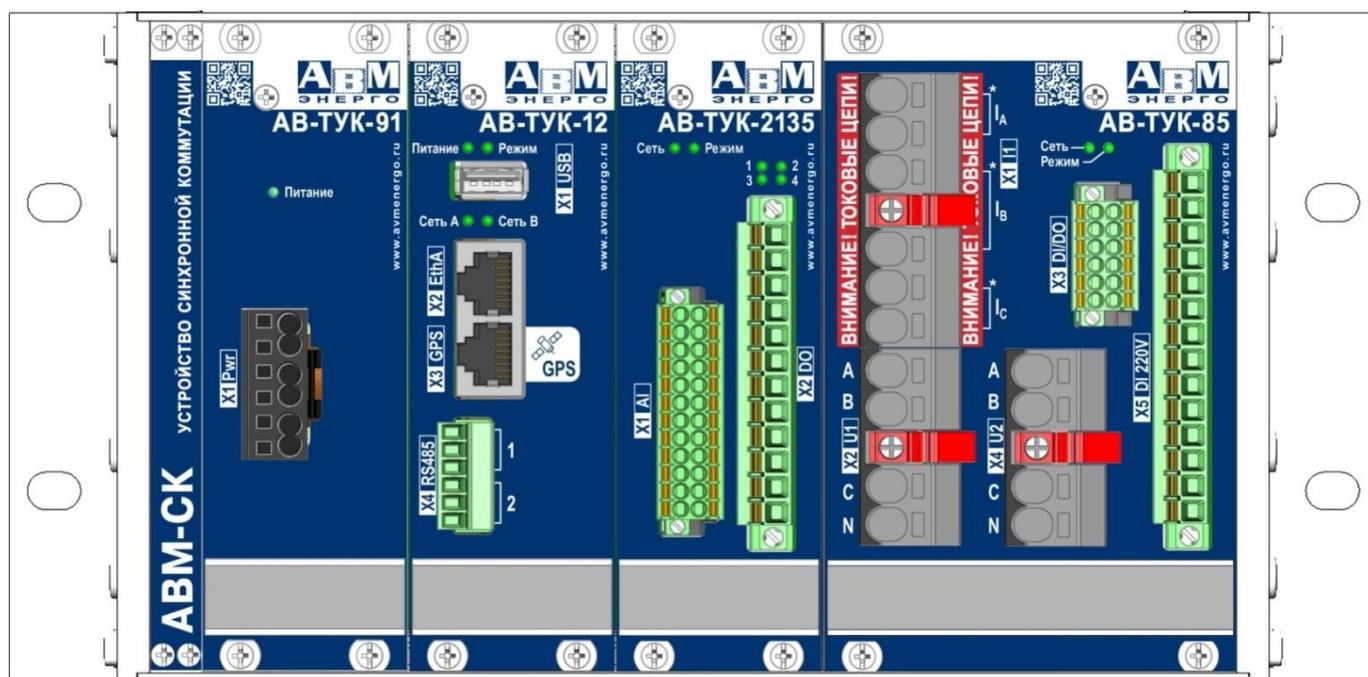


Рис.2.1. Общий вид контроллера АВ-ТУК-05.001

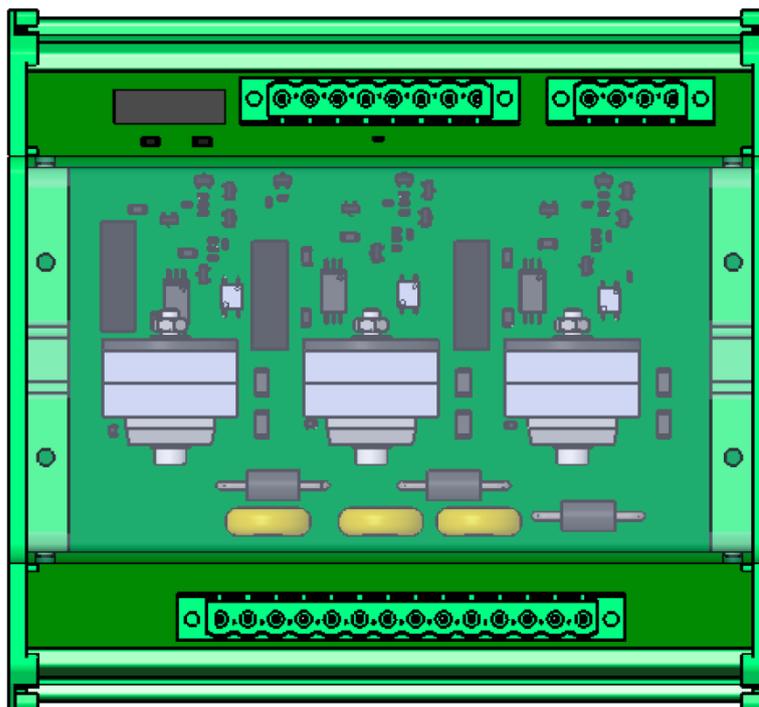


Рис. 2.2. Общий вид модуля АВ-ТУК-41

## 2.5. Составные части изделия

Устройство АВМ-СК выполнено на базе типового управляющего контроллера АВ-ТУК, изготовленного в исполнении АВ-ТУК-05.001 (рис.2.1) с набором микропроцессорных модулей, состав которых описан в п.2.3. Модули, установленные в контроллере, объединены внутренней локальной сетью обмена данными с интерфейсом Ethernet 100BASE-T. Эта сеть выполнена на объединительной плате АВ-ТУК-71, в разъемы которой устанавливаются все модули.

Функциональная схема устройства АВМ-СК показана на рисунке 2.3.

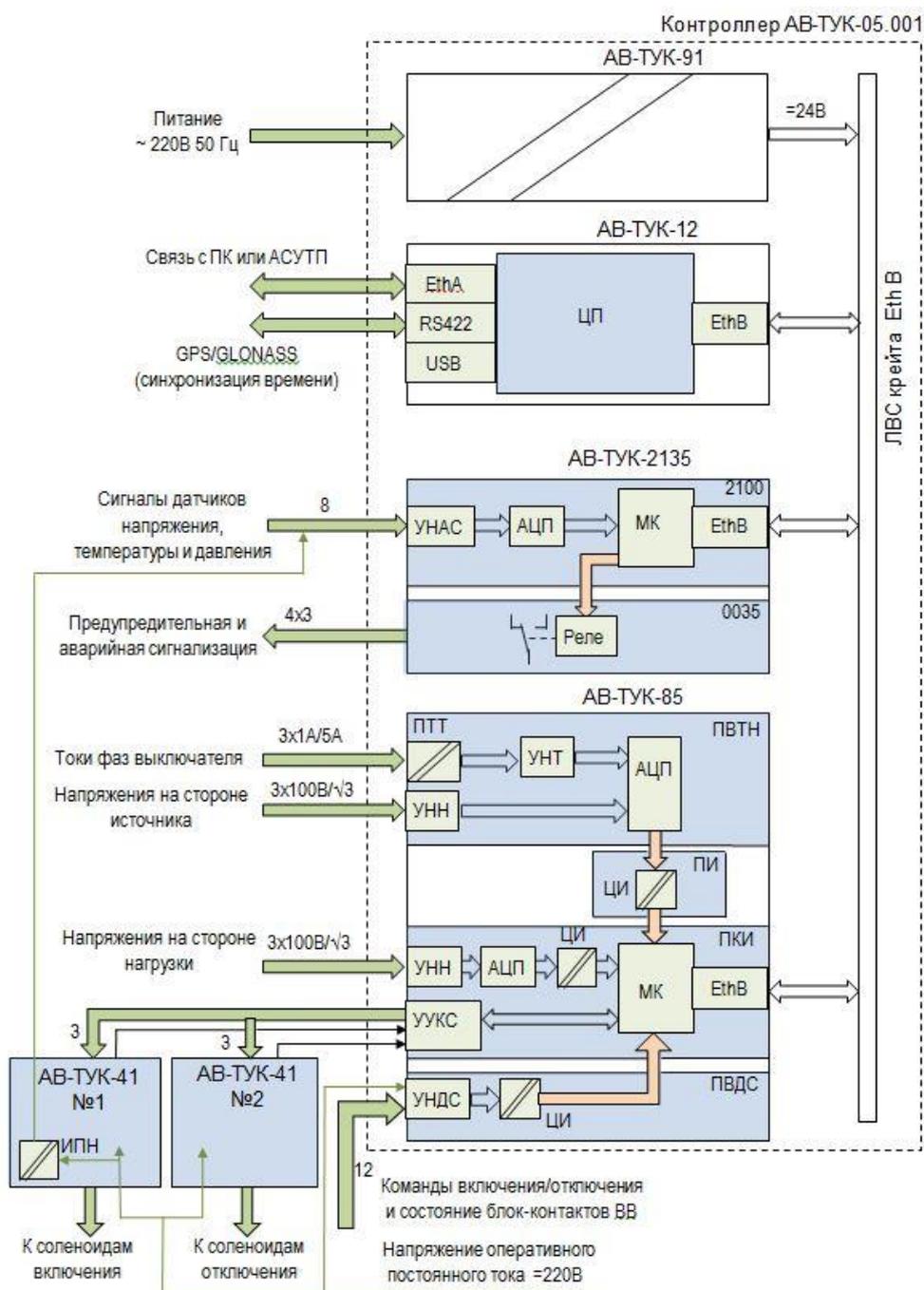


Рис. 2.3. Функциональная схема устройства АВМ-СК

На функциональной схеме приняты обозначения:

- АЦП – аналого-цифровой преобразователь;
- ИПН – изолирующий измерительный преобразователь напряжения;
- МК – микроконтроллер;
- ПВДС – плата ввода дискретных сигналов;
- ПВТН – плата ввода токов и напряжений;
- ПИ – плата изолирующая;
- ПКИ – плата контроллера и интерфейсов;
- ПТТ – промежуточные трансформаторы тока;
- УНН – узел нормализации напряжений;

- УНАС – узел нормализации аналоговых сигналов;
- УНДС – узел нормализации дискретных сигналов;
- УНТ – узел нормализации токов;
- УУКС – узел управления и контроля соленоидов;
- ЦИ – узел изолированной передачи цифровых сигналов;
- ЦП – центральный процессор.

### Модуль питания АВ-ТУК-91

Питание всех модулей осуществляется модулем АВ-ТУК-91, преобразующим входное напряжение питания в напряжение постоянного тока  $\approx 24\text{В}$ . В качестве входного может использоваться питание от однофазной сети переменного тока напряжением 230В частотой 50 Гц или питание от сети оперативного постоянного тока с номинальным напряжением 220В.

### Модуль контроля и управления высоковольтным выключателем АВ-ТУК-85

Основным модулем АВМ-СК, обеспечивающим выполнение функций в соответствии с назначением устройства, является модуль управления высоковольтным выключателем АВ-ТУК-85. В состав модуля входят:

- 6 измерительных каналов ввода сигналов от измерительных трансформаторов напряжения с номинальным значением  $100/\sqrt{3}\text{ В}$  и диапазоном измерения до 220 % от номинального значения для измерения и осциллографирования напряжений с двух сторон трех фаз выключателя;
- 3 измерительных канала ввода сигналов от измерительных трансформаторов тока для измерения и осциллографирования токов выключателя с номинальным значением 1 или 5 А и диапазоном измерения до  $20 I_n$ ;
- 12 каналов ввода дискретных (контактных) сигналов с общим внешним питанием  $\approx 220\text{ В}$  (номинальное значение) для приема внешних команд управления выключателем и сигналов состояния блок-контактов включенного и отключенного состояния выключателя;
- 2 канала ввода дискретных сигналов с уровнем +24 В для контроля исправности цепей соленоидов включения и отключения выключателя;
- 6 каналов вывода дискретных сигналов типа «открытый коллектор» с допустимым напряжением постоянного тока до 24 В для выдачи команд управления силовыми ключами модулей АВ-ТУК-41;
- микроконтроллер с дополнительными узлами внешней оперативной и постоянной памяти, обеспечивающий программное выполнение всех функций модуля;

- узел физического подключения к внутренней локальной сети контроллера.

Конструктивно модуль АВ-ТУК-85 содержит:

- базовую плату контроллера и интерфейсов ПКИ, на которой также расположен узел измерения трех переменных напряжений на стороне нагрузки управляемого выключателя;
- мезонинную плату ПВТН для измерения трех фаз токов и напряжений на стороне источника;
- плату изолирующую ПИ для гальванически изолированной связи АЦП платы ПВТН с микроконтроллером;
- плату ввода дискретных сигналов с уровнем  $\approx 220$  В ПВДС.

### Модуль комбинированный АВ-ТУК-2135

Комбинированный модуль ввода-вывода АВ-ТУК-2135 принимает и обрабатывает сигналы от датчиков, подключаемых к устройству АВМ-СК:

- сигнал уровня напряжения в сети оперативного постоянного тока  $\approx 220$  В;
- сигнал температуры окружающей среды;
- сигналы температур в приводах фаз А, В и С выключателя;
- сигналы давлений в гидроприводах фаз А, В и С выключателя (при наличии).

Кроме того, модуль АВ-ТУК-2135 выполняет формирование выходных релейных сигналов:

- «Готовность устройства к синхронной коммутации»;
- «Предупредительная сигнализация»;
- «Аварийная сигнализация».

Конструктивно модуль АВ-ТУК-2135 содержит базовую контроллерную плату АВ-ТУК-2100 для приема 8 аналоговых сигналов постоянного тока и мезонинную плату АВ-ТУК-0035 с четырьмя выходными реле, используемыми для выдачи контактных сигналов предупредительной и аварийной сигнализации.

### Модуль процессора АВ-ТУК-12

Процессорный модуль АВ-ТУК-12 обеспечивает:

- сбор данных от модулей АВ-ТУК-85 и АВ-ТУК-2135;
- передачу данных, измеренных модулем АВ-ТУК-2135, в модуль АВ-ТУК-85;

- формирование и долговременное хранение журнала переключений и журнала событий;
- загрузку из модуля АВ-ТУК-85 и долговременное хранение осциллограмм переключений;
- синхронизацию часов реального времени всех модулей контроллера;
- хранение текущих конфигураций и удаленное конфигурирование модулей ввода-вывода;
- формирование экранных форм и взаимодействие с оператором через сервисный ПК или рабочее место оператора системы верхнего уровня;
- передачу данных в АСУ ТП энергообъекта.

## Модуль управления и контроля соленоидов высоковольтного выключателя

### АВ-ТУК-41

Помимо контроллера АВ-ТУК-05.001 в состав устройства АВМ-СК входят один или два (в зависимости от требований заказчика) модуля АВ-ТУК-41 (рис. 2.2).

Каждый модуль АВ-ТУК-41 предназначен для быстродействующего формирования исполнительных команд на три соленоида включения или три соленоида отключения выключателя и непрерывного контроля целостности цепей катушек этих соленоидов.

Команды формируются по сигналам, поступающим от модуля АВ-ТУК-85, с помощью силовых полупроводниковых ключей с изолированным управлением. Выходные ключи модуля АВ-ТУК-41 рассчитаны на кратковременное (до 0,3 с) протекание тока соленоида величиной до 10А.

Для контроля исправности цепей соленоидов их катушки при разомкнутых силовых ключах обтекаются малым током. Эти токи контролируются оптотранзисторными датчиками, выходы которых соединены последовательно, образуя общий для группы из трех соленоидов сигнал исправности.



#### **ВНИМАНИЕ!**

При подключении параллельно соленоиду электромеханического счетчика числа срабатываний выключателя ток в счетчике может оказаться достаточным для срабатывания оптотранзисторного датчика, и обрыв катушки соленоида не будет обнаружен. Поскольку в устройстве АВМ-СК реализована функция подсчета числа включений и отключений выключателя, рекомендуется при использовании АВМ-СК отказаться от установки электромеханических счетчиков.

В модуле АВ-ТУК-41 реализован также изолирующий измерительный преобразователь напряжения, преобразующий напряжение оперативного постоянного тока  $\approx 220\text{В}$  в стандартный сигнал  $\approx 0\text{...}5\text{В}$ . Этот сигнал от одного из двух модулей АВ-ТУК-41 подключается к первому аналоговому входу модуля АВ-ТУК-2135, что позволяет корректировать задержки выдачи команд на соленоиды в зависимости от уровня напряжения оперативного постоянного тока.

## 2.6. Работа изделия

При включении питания устройства АВМ-СК модуль процессора АВ-ТУК-12 начинает работу с опроса модулей, установленных в контроллере, и проверки конфигурации контроллера и модулей для выполнения заданных функций. Из модулей контроллера запрашиваются конфигурационные параметры и сравниваются с параметрами, записанными в памяти модуля процессора АВ-ТУК-12. При несовпадении данные параметры принудительно перезаписываются в модуль, чем обеспечивается автоматическое восстановление конфигурации при замене модулей контроллера.

Для выполнения основных функций устройства – включения и отключения высоковольтного выключателя в заданные моменты времени – в модуле АВ-ТУК-85 осуществляется непрерывная оцифровка напряжений по сторонам выключателя и токов в нем, просмотр измеренных значений за последние 30 мс, определение моментов перехода через ноль напряжения и тока (если выключатель включен), вычисление частоты в сети, действующих значений напряжений и токов фаз, активной и реактивной мощности,  $\cos \varphi$ . Далее, в зависимости от заданного при конфигурировании модуля вида коммутируемой нагрузки, формируется таблица подходящих моментов выдачи команд на соленоиды включения и отключения каждой фазы выключателя. При расчете учитываются собственные времена включения и отключения фаз, уточненные по итогам анализа предыдущих коммутаций и по текущим значениям корректирующих сигналов (напряжение в сети оперативного постоянного тока, температура окружающей среды, температура в приводах выключателя, давления в гидроприводах выключателя).

Одновременно с оцифровкой напряжений и токов модуль АВ-ТУК-85 считывает значения дискретных сигналов – входные команды на включение и отключение полюсов выключателя, состояние блок-контактов выключателя, сигналы контроля целостности цепей соленоидов. С интервалами в 1 мс проверяется изменение состояния сигналов.

По сочетанию состояний блок-контактов выключателя формируются признаки состояния отдельных полюсов и выключателя в целом – включено, отключено, неисправно, недостоверно. При любом изменении делается соответствующая запись в журнал событий.

Модуль АВ-ТУК-2135 периодически оцифровывает значения восьми входных аналоговых сигналов, и передает результаты измерений в модуль процессора АВ-ТУК-12, который, в свою очередь, транслирует данные в модуль АВ-ТУК-85 для коррекции значений собственного времени срабатывания полюсов выключателя.

При поступлении команды на включение или отключение выключателя проверяется соответствие команды текущему состоянию выключателя. При разрешенной операции по ранее сформированной таблице находятся ближайшие подходящие моменты для подачи напряжения на соленоиды включения/отключения трех фаз.

Начинается запись осциллограммы коммутационной операции, полная длительность которой по завершении записи составит 0,5с.

При наступлении требуемого момента времени контроллер выдает в один из модулей АВ-ТУК-41 (в один при операции включения, в другой при операции отключения) сигналы для подачи напряжения на соленоиды включения/отключения соответствующих полюсов.

Завершение коммутационной операции проверяется по изменению состояния последнего по времени переключения блок-контакта выключателя. По завершении операции, но не более чем через 300 мс после ее начала, напряжение с соленоидов снимается.

По окончании записи осциллограммы модуль АВ-ТУК-85 осуществляет ее анализ и определяет основные параметры выполненной операции:

- календарное время выполнения коммутационной операции;
- направление, тип и фазы коммутации;
- токи и напряжения фаз на момент коммутации;
- собственные времена коммутации полюсов выключателя;
- времена горения дуги в полюсах выключателя;
- время безоперационного простоя на момент коммутации;
- погрешность синхронизации переключения;
- напряжение оперативного постоянного тока на момент коммутации;
- температура окружающей среды на момент коммутации;
- температура в шкафах приводов выключателя на момент коммутации;
- давление в гидросистемах приводов (при наличии) на момент коммутации.

Эти параметры передаются в модуль процессора АВ-ТУК-12 в виде файла для занесения в базу данных. Передается также информация о появлении новой осциллограммы.

В памяти модуля АВ-ТУК-85 может храниться до 16 последних осциллограмм. Во избежание затирания осциллограмм модуль процессора АВ-ТУК-12 переписывает новые

осциллограммы в свою постоянную память. Объемы памяти модуля АВ-ТУК-12 достаточно для хранения осциллограмм, журналов переключений и событий за весь срок службы выключателя.

По результатам анализа текущего состояния выключателя и выполненных операций включения и отключения выключателя модулем АВ-ТУК-85 формируются предупредительные и аварийные сообщения, передающиеся в модуль АВ-ТУК-12, который, в свою очередь, формирует команды на замыкания выходных сигнальных реле и передает их в модуль АВ-ТУК-2135.

### 2.6.1. Особенности процесса включения выключателя

При включении высоковольтного выключателя фактическое замыкание цепи тока происходит не в момент смыкания главных контактов выключателя, а несколько ранее, когда снижающаяся электрическая прочность промежутка между контактами становится меньше приложенного к контактам напряжения и происходит электрический пробой промежутка, как показано на рис. 2.4.

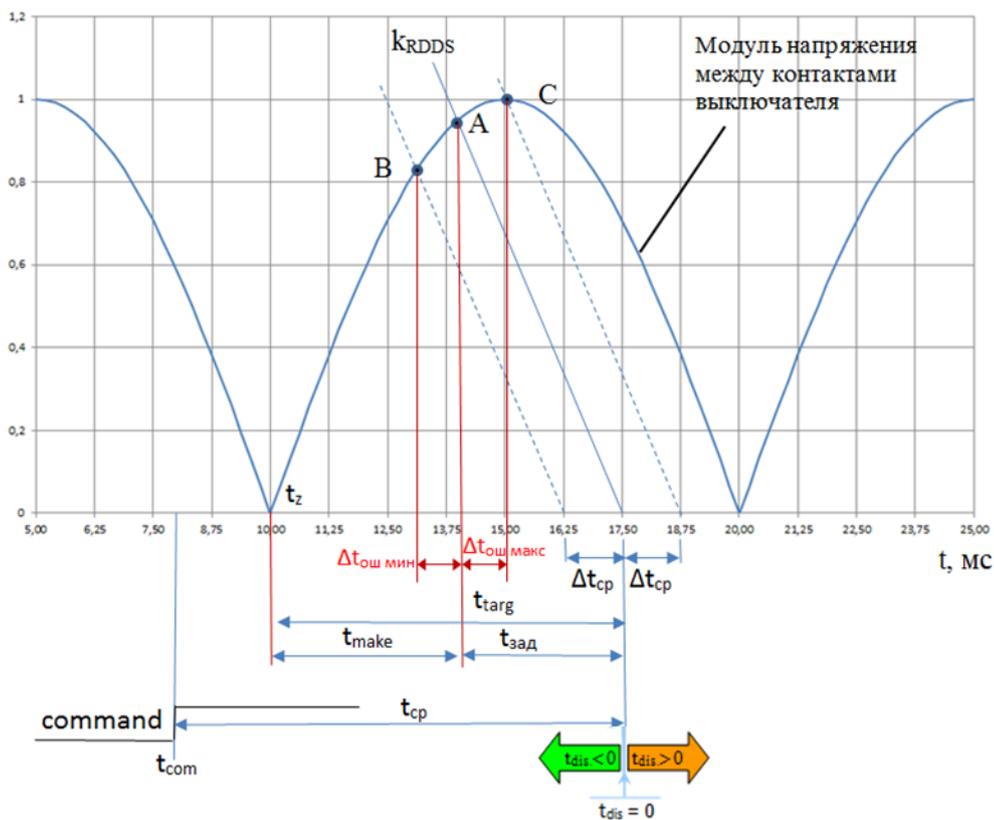


Рис. 2.4

На этом рисунке сплошной синей линией показан модуль напряжения на контактах, отнесенный к амплитуде напряжения. Прямыми наклонными линиями показано изменение электрической прочности промежутка, также отнесенной к амплитуде напряжения, с учетом возможного разброса собственного времени срабатывания выключателя.

Здесь и далее приняты следующие обозначения:

$t_z$  – момент перехода напряжения на разомкнутых контактах через ноль;

$t_{com}$  – момент выдачи команды на соленоид включения выключателя;

$t_{make}$  – смещение момента фактического замыкания цепи относительно  $t_z$ ;

$t_{targ}$  – смещение момента смыкания главных контактов выключателя относительно  $t_z$ ;

$t_{cp}$  – собственное время срабатывания выключателя;

$\Delta t_{cp}$  – допустимый разброс фактических значений  $t_{cp}$ ;

$t_{зад}$  – задержка момента смыкания главных контактов выключателя относительно желаемого момента фактического замыкания цепи ( $t_{зад} = t_{targ} - t_{make}$ );

$\Delta t_{ош\ мин}$ ,  $\Delta t_{ош\ макс}$  – погрешности фактического значения  $t_{make}$  при минимальном и максимальном значениях собственного времени срабатывания выключателя.

Для того, чтобы фактическое замыкание цепи произошло в окрестности точки А, т.е. момента  $t_{make}$  после ближайшего момента перехода напряжения через ноль  $t_z$ , команду на соленоид включения полюса нужно подать в момент

$$t_{com} = t_z + t_{make} + t_{зад} - t_{cp} \pm t_{dis} . \quad (1)$$

Здесь  $t_{dis}$  – дополнительное смещение, настраиваемое отдельно для каждого полюса выключателя для индивидуальной подстройки моментов их коммутации относительно заданного значения (коррекция точки А на графике рис. 2.4), в зависимости от типа нагрузки, конструктивных особенностей выключателя (на рис. 2.4 параметр  $t_{dis} = 0$ ),

$t_{make}$  – фактически назначаемое смещение момента замыкания цепи относительно  $t_z$  при нулевом отклонении собственного времени срабатывания выключателя от его среднего значения; это смещение может отличаться от теоретически наиболее выгодного при конечных значениях RDDS и конечных значениях разброса  $\Delta t_{cp}$ . Более детально это рассматривается ниже применительно к коммутации конкретных типов нагрузки.

При вычислении  $t_{com}$  используется скорректированное значение собственного времени срабатывания выключателя

$$t_{cp} = t_{cp\ ном} + \Delta t_{кор} + \Delta t_{ад} , \quad (2)$$

где  $t_{cp\ ном}$  – номинальное значение времени срабатывания,

$\Delta t_{кор}$  – суммарная коррекция времени срабатывания для учета изменения влияющих факторов (напряжение питания соленоидов, температура окружающей среды, температура в шкафу привода, давление в гидравлической системе для приводов соответствующего типа, время безоперационного простоя),

$\Delta t_{ад}$  – дополнительная коррекция по адаптивному алгоритму (с учетом среднего отклонения фактического времени срабатывания от расчетного значения).

Скорость снижения электрической прочности промежутка (RDDS – Rate of Decay of Dielectric Strength), выражаемая обычно в кВ/мс – один из существенных параметров выключателя.

При выборе величины  $t_{зад}$  используется коэффициент  $k_{RDDS}$ , равный отношению скорости снижения электрической прочности к максимальной скорости изменения напряжения на промежутке в районе его перехода через ноль.

С учетом этого коэффициента время задержки для получения желаемого значения  $t_{make}$  можно определить по соотношению

$$\omega_c t_{зад} = \frac{\sin \omega_c t_{make}}{k_{RDDS}}, \quad (3)$$

где  $\omega_c = 2\pi f_c$  – круговая частота в сети. При этом желательное смещение момента замыкания цепи относительно перехода напряжения через ноль ( $\omega_c t_{make}$ ) и задержку ( $\omega_c t_{зад}$ ) удобно задавать в электрических градусах.

Фактическая погрешность реализации момента замыкания цепи (от  $-\Delta t_{ош\_мин}$  до  $+\Delta t_{ош\_макс}$  на рис. 2.4) существенно зависит от желаемого момента  $t_{make}$ , допустимого разброса собственного времени срабатывания выключателя  $\Delta t_{ср}$  и значения  $k_{RDDS}$ . При этом критическим является значение  $k_{RDDS} = 1$ . Выбор значений  $t_{make}$  и  $t_{зад}$  рассматривается ниже для различных типов коммутируемой нагрузки.

В свободно конфигурируемом режиме дополнительные задержки  $t_{зад}$  для учета конечных значений  $k_{RDDS}$  могли бы быть правильно рассчитаны устройством только в случае, когда к каждому коммутируемому полюсу перед включением прикладывается соответствующее фазное напряжение. В общем случае свободной конфигурации, когда информация об уровнях и последовательности смены напряжений на разрывах контроллеру не задана, определить требуемые задержки контроллер не может. Поэтому в режиме свободного конфигурирования параметрами  $T_{зад\_ON}[i]$  задаются не значения смещений моментов фактического замыкания цепи  $t_{make}$ , а значения желаемых моментов смыкания главных контактов полюсов выключателя относительно точки перехода через ноль напряжения фазы А в положительном направлении.

Эти значения с учетом конечных величин RDDS для каждого полюса должны быть определены предварительно расчетами, численным моделированием процессов или экспериментально.

Дополнительные смещения  $t_{dis}$  в этом режиме не учитываются (принимаются нулевыми).

## 2.6.2. Особенности процесса размыкания выключателя

В момент размыкания главных контактов выключателя электрическая прочность промежутка между контактами равна нулю, поэтому протекание тока в этот момент не прекращается. Между контактами загорается дуга, и ток погаснет только в момент его естественного снижения до нуля. Если к этому моменту восстанавливающаяся электрическая прочность промежутка еще не достигла уровня приложенного между контактами напряжения, промежуток пробивается и происходит повторное зажигание дуги, после чего ток в дуге будет протекать еще почти полпериода.

Повторные зажигания сопровождаются высоким уровнем перенапряжений, и их следует избегать. Поэтому размыкание контактов выключателя должно осуществляться за некоторое время до прохождения тока через ноль. Это время, называемое целевым временем горения дуги ( $t_{arc}$ ), должно быть достаточным для восстановления требуемой электрической прочности промежутка за счет достаточно далекого расхождения контактов к моменту снижения тока до нуля, как показано на рис. 2.5. Для сравнения на этом рисунке зеленой пунктирной линией показана восстанавливающаяся электрическая прочность промежутка при расхождении контактов в момент нуля тока ( $t_{targ}$ ).

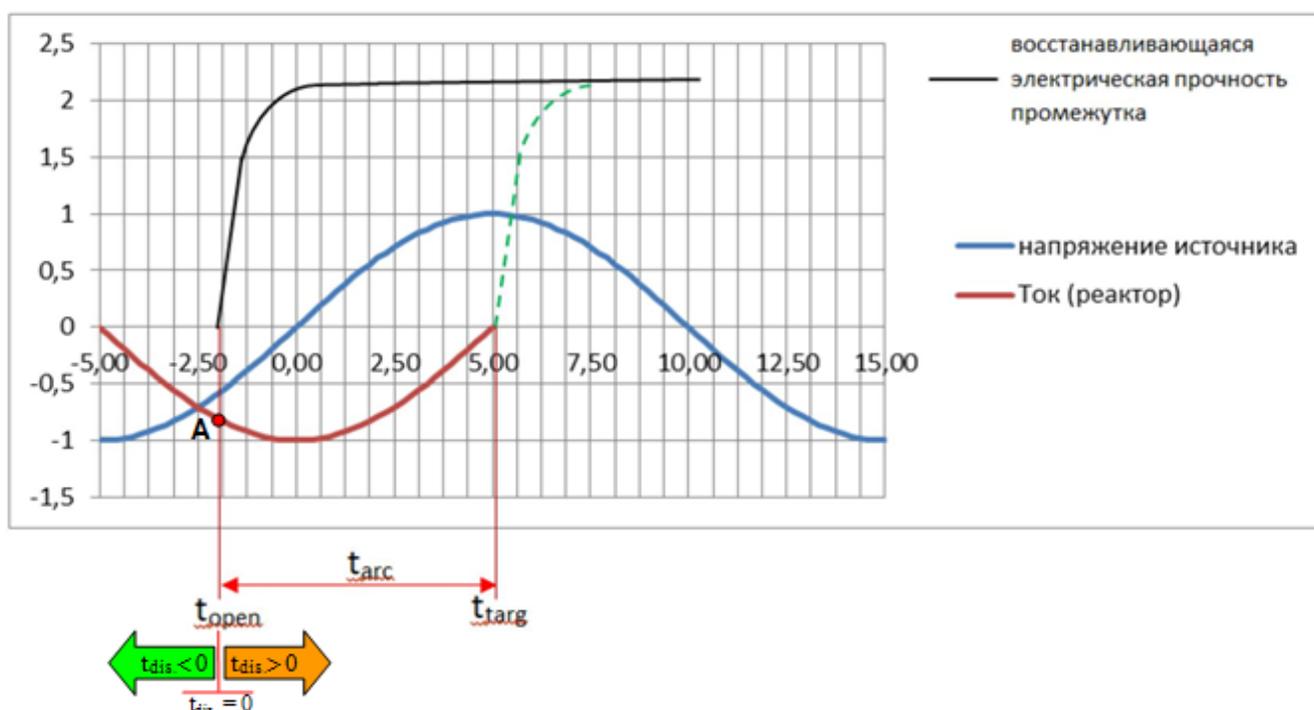


Рис.2.5

Таким образом, при отключении выключателя команда на соленоид отключения должна выдаваться в момент

$$t_{com} = t_z + t_{targ} - t_{arc} - t_{cp} \pm t_{dis}, \quad (4)$$

где  $t_{targ}$  – желаемое смещение момента прекращения тока относительно момента перехода через ноль опорного напряжения (или опорного тока, если он измеряется)  $t_z$ ,

$t_{arc}$  – целевое время горения дуги,

$t_{dis}$  – дополнительное смещение, настраиваемое отдельно для каждого полюса выключателя для индивидуальной подстройки моментов их коммутации относительно заданного значения (коррекция точки А на графике рис. 2.5), в зависимости от типа нагрузки, конструктивных особенностей выключателя (на рис. 2.5 параметр  $t_{dis} = 0$ ).

В свободно конфигурируемом режиме в качестве задержки отключения полюсов  $T_{zad\_OFF}[i]$  для каждого полюса задаются значения смещений моментов размыкания контактов  $t_{open}$  относительно момента перехода через ноль напряжения фазы А в положительном направлении.

### 2.6.3. Коррекция собственного времени включения и отключения полюсов выключателя при изменении влияющих факторов

В АВМ-СК предусмотрена коррекция ожидаемого собственного времени включения и отключения полюсов выключателя по следующим влияющим факторам:

- напряжение оперативного тока =220В;
- температура окружающей среды;
- температура в шкафу привода каждого полюса выключателя;
- давление в гидроприводе каждого полюса (для приводов соответствующего типа);
- время безоперационного простоя полюса.

Конкретные параметры из этого списка, которые будут учитываться контроллером УСК, задаются отметкой соответствующих параметров при конфигурировании устройства.

Поправки для учета времени безоперационного простоя задаются отдельно для времени включения и отключения по соотношениям

$$\Delta t_{ср.вкл.} = \Delta t_{стаб.вкл.} \times (1 - e^{-t_{б.н./Cв}}); \quad (5.1)$$

$$\Delta t_{ср.откл.} = \Delta t_{стаб.откл.} \times (1 - e^{-t_{б.н./Cо}}), \quad (5.2)$$

где  $\Delta t_{стаб.вкл.}$ ,  $\Delta t_{стаб.откл.}$  – стабилизированные значения компенсационных поправок к собственному времени включения/отключения выключателя соответственно, мс;

$Cв/Cо$  – постоянная времени, характеризующая продолжительность приближения параметра

$\Delta t_{с.вкл.}/\Delta t_{с.откл.}$  к значениям  $\Delta t_{стаб.вкл.}/\Delta t_{стаб.откл.}$  соответственно, час.;

$t_{б.н.}$  – текущее время безоперационного простоя выключателя (рассчитываемое между ближайшими одноименными операциями выключателя), час.

Параметры  $\Delta t_{стаб.вкл.}$ ,  $\Delta t_{стаб.откл.}$ ,  $C_v$  и  $C_o$  задаются при конфигурировании устройства.

Для остальных влияющих параметров используется нелинейная коррекция, рассчитываемая по полиномам второго порядка. Частная поправка к времени срабатывания  $dt_P$  при отклонении параметра  $P$  от его номинального значения рассчитывается по квадратичной формуле

$$dt_P = a_P \cdot dP + b_P \cdot dP^2, \quad dP = P - P_{ном}. \quad (5.3)$$

При конфигурации устройства отдельно для операций включения и отключения задаются некоторые минимальное ( $P1$ ) и максимальное ( $P2$ ) значения каждого влияющего фактора, и соответствующие им поправки к времени срабатывания ( $dt_{P1}$ ,  $dt_{P2}$ ) в мс. При включении устройства контроллер рассчитывает коэффициенты  $a_P$  и  $b_P$  по соотношениям:

$$dt_{P2sq} = b_P \cdot dP2^2 = \frac{dP2}{dP1} \cdot \frac{dt_{P2} \cdot dP1 - dt_{P1} \cdot dP2}{dP2 - dP1}, \quad (6)$$

$$a_P = \frac{dt_{P2} - dt_{P2sq}}{dP2}, \quad (7)$$

$$b_P = \frac{dt_{P2sq}}{dP2^2}. \quad (8)$$

В качестве номинального значения оперативного напряжения принято напряжение 220В, в качестве номинальной температуры +25°C. Номинальное значение давления в гидроприводах полюсов указывается при конфигурировании устройства.

При поступлении из ЦКУ (модуль АВ-ТУК-12) очередного измеренного значения какого-либо из учитываемых влияющих параметров в модуль АВ-ТУК-85 его контроллер пересчитывает соответствующие поправки и уточняет с их учетом ожидаемые значения собственного времени включения и отключения каждого полюса.

#### 2.6.4. Адаптивный алгоритм коррекции собственного времени включения и отключения полюсов

В АВМ-СК предусмотрена возможность использования адаптивного алгоритма коррекции расчетных значений собственного времени срабатывания каждого полюса при включении и при отключении выключателя по отклонению фактических значений этих параметров от расчетных значений. После каждой коммутационной операции, по записанной осциллограмме процесса коммутации, определяется фактическое значение собственного времени срабатывания каждого

полюса как интервал между моментом подачи команды на соленоид включения и моментом замыкания блок-контакта «выключатель включен» при включении, и между моментом подачи команды на соленоид отключения и моментом размыкания этого же блок-контакта при отключении.

Определяется разность между фактическим и расчетным значениями собственного времени срабатывания (с учетом коррекции по влияющим факторам), и некоторая доля этой разности прибавляется к расчетному значению. Величина этой доли задается в диапазоне от 0 до 1 при конфигурировании устройства (параметр  $Kad$ ). При конфигурировании также указывается, использовать ли адаптивный алгоритм (параметр  $Adapt = 1$ ) или нет ( $Adapt = 0$ ).

## 2.7. Алгоритмы работы изделия

### 2.7.1. Коммутация конденсаторной батареи

#### 2.7.1.1. Подключение батареи

Для минимизации броска зарядного тока батареи желательно, чтобы момент фактического начала протекания тока совпадал с точкой перехода через ноль напряжения между контактами выключателя. Как правило, к моменту подключения батареи она разряжена. Так, в ряде случаев запрещается подключать конденсаторную батарею ранее, чем через определенное время после ее отключения, чтобы обеспечить возможность саморазряда батареи. При этом включать каждый полюс желательно в нуле напряжения источника. Для батареи, соединенной в звезду с заземленной нейтралью, это момент перехода через ноль фазного напряжения:

$$t_{makedes} = 0.$$

При значениях  $k_{RDDS} > 1$  минимум модуля ошибки синхронизации будет иметь место при  $\Delta t_{ош\ мин} = -\Delta t_{ош\ макс}$ , как показано на рис. 2.6.

Требуемое для этого значение задержки относительно  $t_{makedes}$  равно  $t_{зад} \cong \frac{\Delta t_{ср}}{k_{RDDS}}$ . Из параллелограмма BCDE видно, что в данном случае  $\max |\Delta t_{ош}| = \Delta t_{ср}$ , т.е. достижимая точность синхронизации соответствует разбросу собственного времени срабатывания выключателя. Однако наиболее вероятное значение ошибки при номинальном значении  $t_{ср}$  (абсцисса точки А на рис.2.6) не будет нулевым, а составит

$$\Delta t_{ош0} \cong \frac{t_{зад} k_{RDDS}}{1+k_{RDDS}} = \frac{\Delta t_{ср}}{1+k_{RDDS}}. \quad (9)$$

При  $k_{RDDS} = 1,1$   $\Delta t_{ош0} \cong 0,476 \Delta t_{ср}$ .

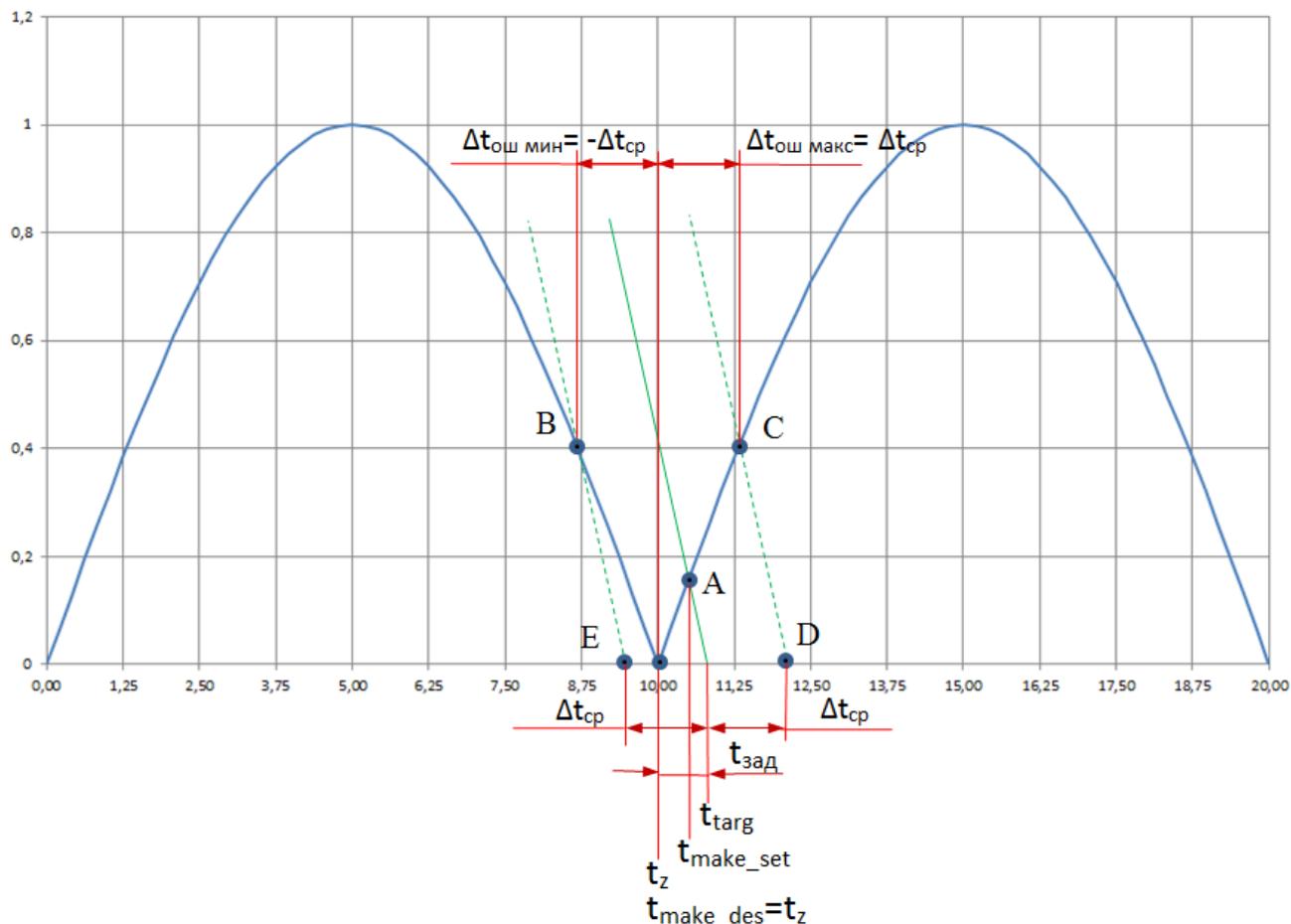


Рис. 2.6

При значениях  $k_{RDDS} \leq 1$  невозможно настроить желаемый момент смыкания главных контактов выключателя  $t_{targ}$  ближе к моменту перехода напряжения на контактах через ноль, чем некоторый критический момент  $t_{targкр}$  (см. рис.2.7). Этот момент определяется пересечением с осью  $U=0$  прямой снижения электрической прочности промежутка EF, которая касается кривой модуля напряжения в критической точке D при  $t = t_{makeкр}$ .

Величина  $t_{targкр}$  определяется соотношениями

$$\omega_c t_{makeкр} = -\arccos(k_{RDDS}), \tag{10}$$

$$\omega_c t_{targкр} = \omega_c t_{makeкр} - \frac{\sin \omega_c t_{makeкр}}{k_{RDDS}}. \tag{11}$$

При этом с запасом на величину смещения  $t_{dis}$

$$t_{targ} = t_{targкр} + \Delta t_{ср} + t_{dis} \geq t_{targкр} + \Delta t_{ср}, \tag{12}$$

$$t_{зад} = \frac{t_{targкр} + \Delta t_{ср} + t_{dis}}{1 + k_{RDDS}}. \tag{13}$$

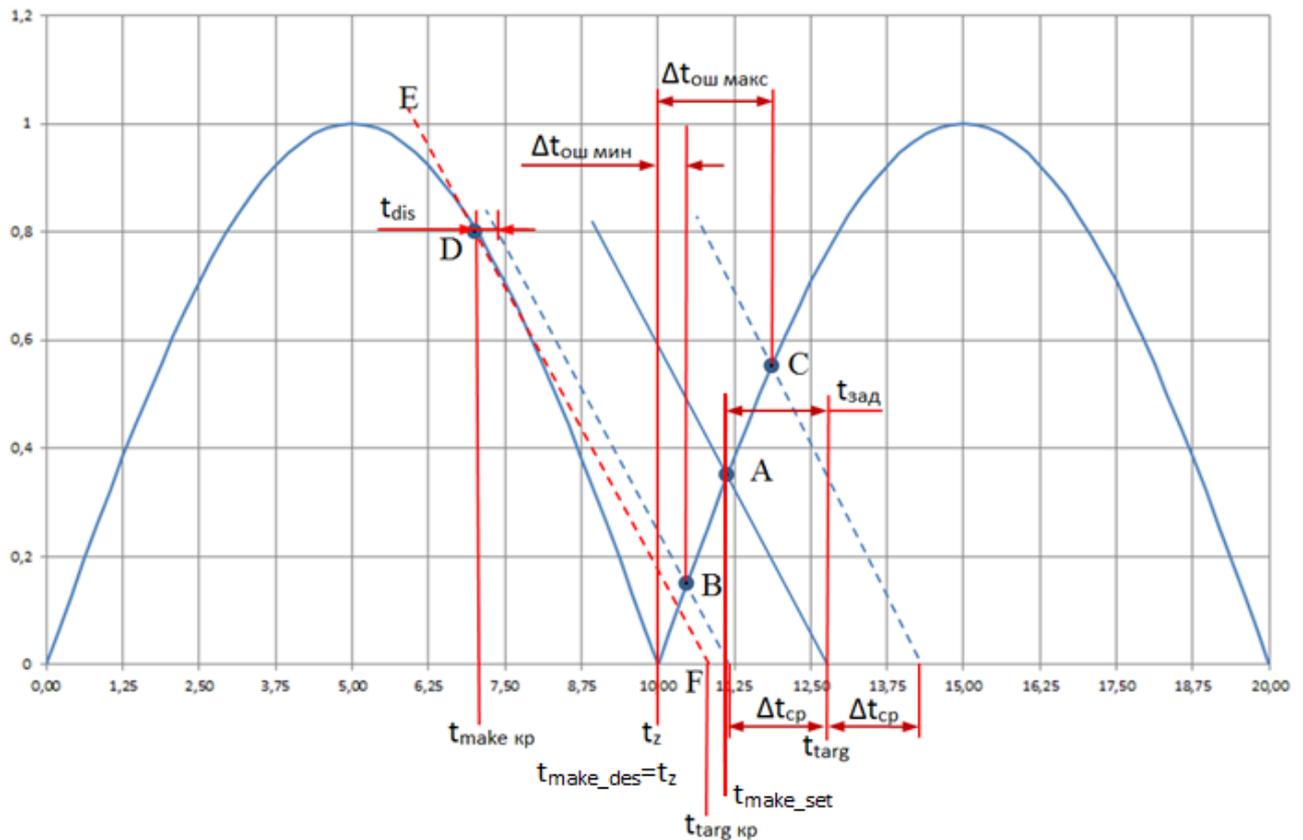


Рис. 2.7

Минимальная, наиболее вероятная (средняя) и максимальная ошибки синхронизации (точки В, А, С на рис.4) составят при этом

$$\Delta t_{\text{ош мин}} = \frac{(t_{\text{targ кр}} + t_{\text{dis}})k_{\text{RDDs}}}{1 + k_{\text{RDDs}}}, \quad (14)$$

$$\Delta t_{\text{ош ср}} = t_{\text{make_set}} = \frac{(t_{\text{targ кр}} + \Delta t_{\text{ср}} + t_{\text{dis}})k_{\text{RDDs}}}{1 + k_{\text{RDDs}}}, \quad (15)$$

$$\Delta t_{\text{ош макс}} = \frac{(t_{\text{targ кр}} + t_{\text{dis}} + 2\Delta t_{\text{ср}})k_{\text{RDDs}}}{1 + k_{\text{RDDs}}}. \quad (16)$$

Здесь  $t_{\text{make_set}}$  – назначенный момент фактического замыкания цепи (абсцисса точки А), отличающийся от оптимального желаемого момента.

Сначала включается фаза, для которой раньше наступает ближайший подходящий момент  $t_{\text{com}}$ . Следующая по порядку чередования фаз фаза батареи подключается через  $120^\circ$ , и последняя – еще через  $120^\circ$  (прямой порядок подключения фаз). В этом варианте дается больше времени для затухания колебаний зарядного тока в подключенной фазе. Возможно также подключение фаз батареи в обратном порядке с интервалами  $60^\circ$ . При конфигурировании устройства можно выбрать один из этих вариантов.

При подключении батареи, соединенной в звезду с изолированной нейтралью или в треугольник, сначала подключаются два полюса батареи с расчетной задержкой  $t_{\text{зад}}$  относительно

перехода через ноль линейного напряжения на подключаемых полюсах. Напряжение на разрыве третьего полюса после подключения первых двух равно разности фазного напряжения в этой фазе и полусумме фазных напряжений подключенных фаз. Его амплитуда составляет  $1,5 U_{\text{ф ампл}}$ , а фаза отстает от линейного напряжения между подключенными фазами на  $270^\circ$  (или опережает его на  $90^\circ$ ). Потому включается третья фаза через  $270$  или  $90^\circ$  после первых двух (выбирается при конфигурировании).

Во избежание неопределенности в очередности замыкания первых двух фаз (с учетом разброса  $\Delta t_{\text{ср}}$ ) принята следующая стратегия:

- первая фаза, всегда ф.А, включается близко к нулю фазного напряжения с учетом нормального значения  $k_{\text{RDDs}}$ ; ток при этом еще не появляется, ко второй фазе (в данном случае ф.С) подключается линейное напряжение (А-С), к третьей - линейное напряжение А-В, которое до включения второй фазы меняется от  $\sqrt{3}/2$  до  $1,5$  номинальной амплитуды фазного напряжения.
- вторая фаза подключается близко к нулю линейного напряжения; при расчете задержки  $t_{\text{зад}}$  для нее принимается  $k_{\text{RDDs}}$ , сниженный в  $\sqrt{3}$  раз. После включения второй фазы к третьей прикладывается напряжение  $(U_a + U_c)/2 - U_b$ , амплитуда которого составляет  $1,5$  амплитуды номинального фазного напряжения.
- во избежание раннего включения третьей фазы при максимально позднем включении второй фазы, третью фазу предпочтительно включать через  $270$  градусов после второй. При расчете задержки  $t_{\text{зад}}$  для нее принимается  $k_{\text{RDDs}}$ , сниженный в  $1,5$  раза.

Если по условиям работы РЗА столь позднее включение третьей фазы нежелательно, при достаточно высоких значениях  $k_{\text{RDDs}}$  (например,  $1,73$  и выше) можно включать третью фазу через  $90$  градусов после второй.

По умолчанию, последовательность подключения полюсов выключателя к конденсаторной батарее в устройстве настроена таким образом, что для схемы соединения батареи в звезду с изолированной нейтралью или треугольник, включение полюсов выключателя всегда начинается с фазы А, а при соединении в звезду с заземленной нейтралью – с ближайшей подходящей фазы. В случае конфигурирования дополнительных смещений  $t_{\text{dis}}$  в отдельных фазах, используемый по умолчанию порядок синхронного включения полюсов выключателя может быть скорректирован (изменен).

### 2.7.1.2. Отключение батарей

Для минимизации остаточного заряда на батарее желательно было бы отключать полюса при нулевом напряжении фаз, т.е. на амплитуде токов в них. Однако, как показано в п.2.6.2, этого сделать не удастся. Поэтому применяется описанный в п.2.6.2 алгоритм, в котором смещение момента прекращения тока  $t_{\text{targ}}$  для первой отключаемой фазы принимается равным нулю относительно момента перехода через ноль тока этой фазы, или  $90^\circ$  относительно нуля фазного напряжения. При соединении батареи в звезду с заземленной нейтралью оставшиеся фазы отключаются в порядке чередования фаз с интервалами  $120^\circ$  и  $240^\circ$  после первой. При изолированной нейтрали или соединении батареи в треугольник две оставшиеся фазы отключаются одновременно через  $90^\circ$  после первой. Целевое время горения дуги  $t_{\text{arc}}$  задается при конфигурировании УСК и составляет обычно 4-6 мс.

По умолчанию, последовательность отключения полюсами выключателя конденсаторной батареи в устройстве настроена таким образом, что для схемы соединения батареи в звезду с изолированной нейтралью или треугольник, отключение полюсов выключателя всегда начинается с фазы А, а при соединении в звезду с заземленной нейтралью – с ближайшей подходящей фазы. В случае конфигурирования дополнительных смещений  $t_{\text{dis}}$  в отдельных фазах, используемый по умолчанию порядок синхронного отключения полюсов выключателя может быть скорректирован (изменен).

## 2.7.2. Коммутация шунтирующих реакторов

### 2.7.2.1. Подключение реактора

Чтобы избежать двойной амплитуды первого полупериода тока (при замыкании в нуле напряжения) и длительной плохо затухающей апериодической составляющей, которая приводит к насыщению ТТ и ложной работе защит, реактор желательно включать на амплитуде напряжения, т.е. при  $\omega_c t_{\text{make\_set}} = \omega_c t_{\text{make\_des}} = \pi/2$ . Для случая  $k_{RDDS} > 1$  такое включение показано на рис.2.8а.

Требуемая задержка при этом определяется соотношением

$$t_{\text{зад}} = \frac{1}{\omega_c k_{RDDS}}. \quad (17)$$

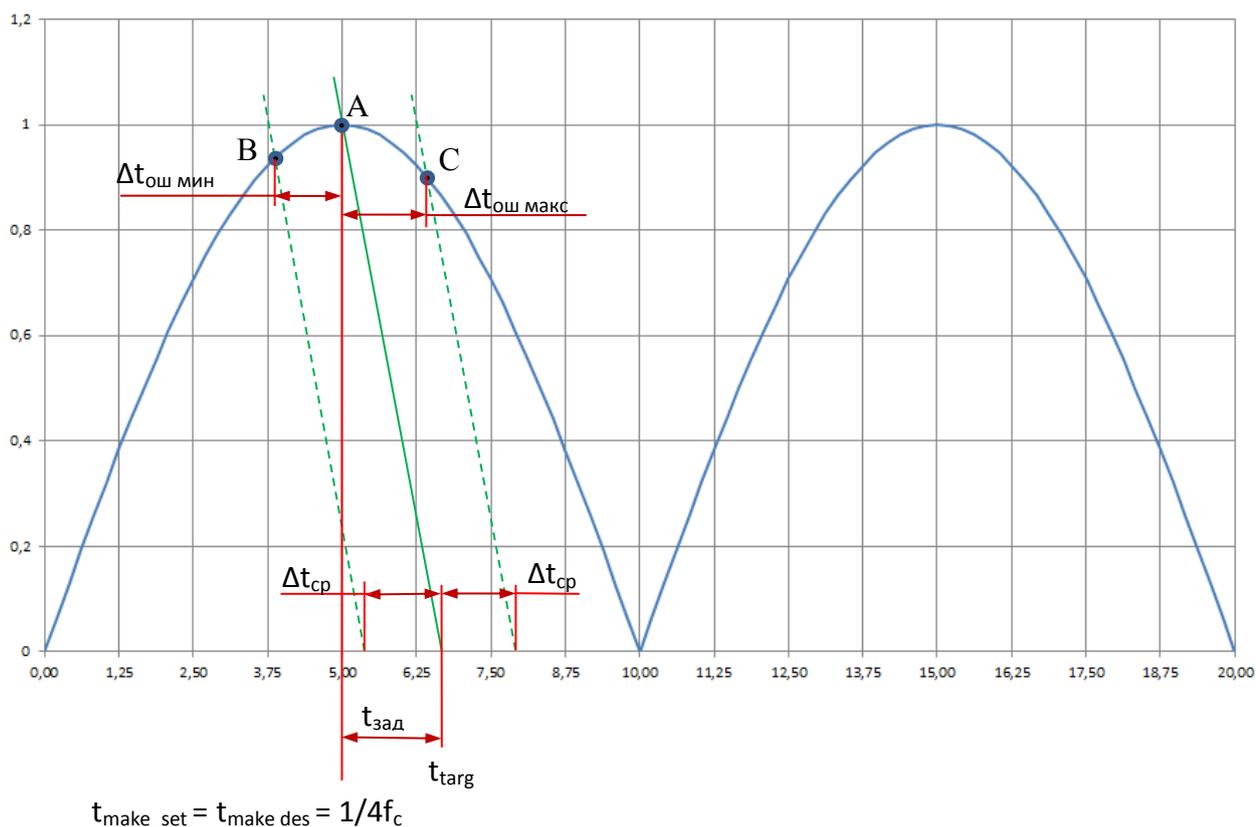


Рис.2.8а

При замыкании цепи на амплитуде напряжения на обмотке реактора возникают перенапряжения вследствие колебаний на собственной частоте реактора, обусловленной его индуктивностью и паразитными емкостями. Если уровень этих перенапряжений неприемлем, может оказаться целесообразным некоторое смещение момента замыкания от амплитуды напряжения ( $t_{dis}$ , см. п.2.6.1). Как видно из рис.2.8а, при смещении момента  $t_{targ}$  вправо резко растет ошибка  $\Delta t_{\text{ош макс}}$ , особенно при значениях  $k_{RDDs}$ , близких к 1. Поэтому допустимыми являются только отрицательные значения дополнительного смещения  $t_{dis}$ .

При значениях  $k_{RDDs} \leq 1$  максимально допустимая величина смещения момента пробоя контактного промежутка с учетом разброса собственного времени срабатывания выключателя должна быть ограничена значением  $t_{makeкр}$ , при котором прямая снижения электрической прочности промежутка касается кривой модуля напряжения на контактах, как показано на рис.2.8б (точка С). В противном случае момент фактического замыкания цепи сместится в точку С', что неприемлемо.

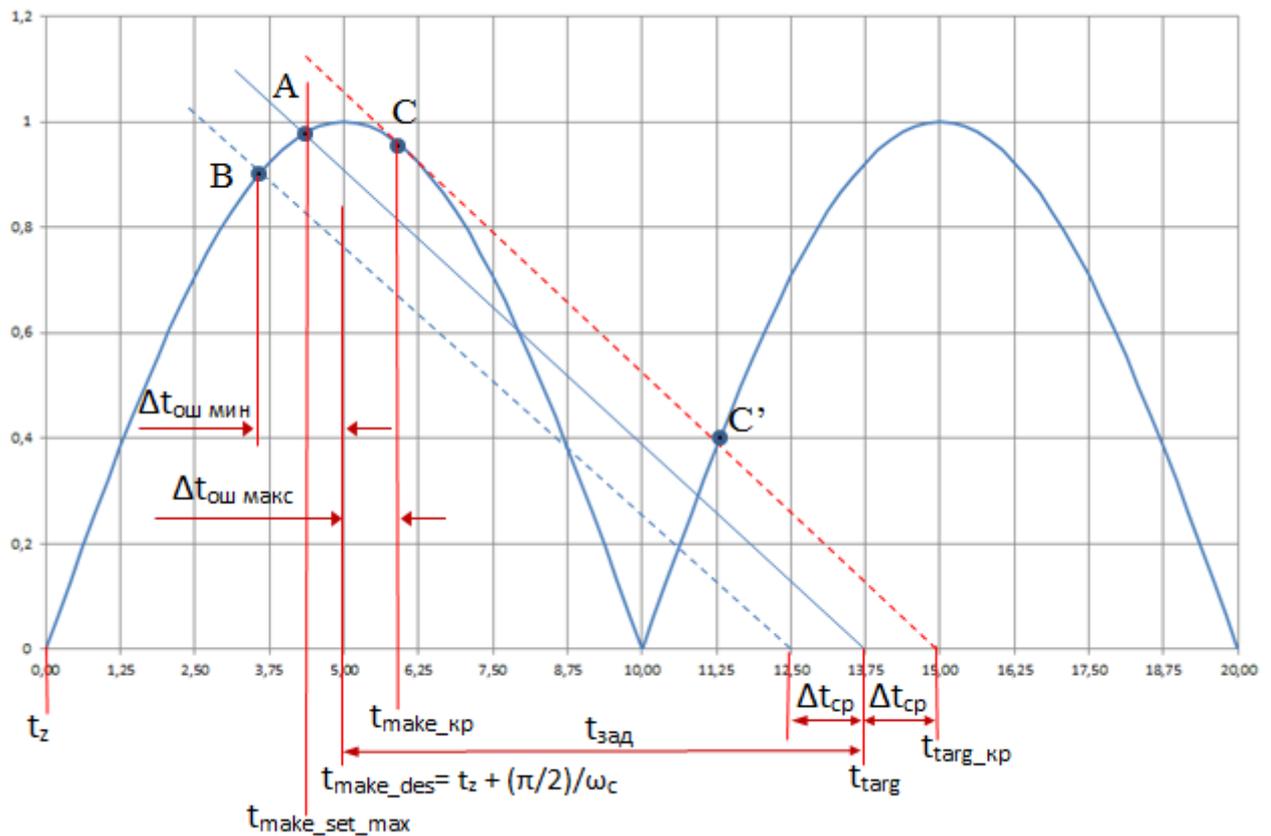


Рис.2.8б

Значение  $t_{make\ кр}$  относительно левого перехода напряжения через ноль определяется соотношением

$$t_{make\ кр} = \frac{1}{\omega_c} (\pi - \cos^{-1}(k_{RDDS})), \quad (18)$$

а значение  $t_{targ\ кр}$  найдется из равенства

$$t_{targ\ кр} = t_{make\ кр} + \frac{1}{\omega_c} \cdot \frac{\sin \omega_c(t_{make\ кр})}{k_{RDDS}}. \quad (19)$$

Далее

$$t_{targ} = t_{targ\ кр} - \Delta t_{cp}, \quad (20)$$

и

$$\sin \omega_c(t_{make\_set\_max}) = \omega_c k_{RDDS}(t_{targ} - t_{make\_set\_max}). \quad (21)$$

Запишем

$$\sin \omega_c(t_{make\_set\_max}) = \cos(x),$$

где  $x = \frac{\pi}{2} - \omega_c t_{make\_set\_max}$ ,

$$t_{make\_set\_max} = \left(\frac{\pi}{2} - x\right) / \omega_c, \quad (22)$$

и заменим  $\cos(x)$  в районе амплитуды его приближенным разложением  $\cos(x) \cong 1 - x^2/2$ .

Получим квадратное уравнение

$$1 - \frac{x^2}{2} = \omega_c k_{RDDS} t_{targ} - k_{RDDS} \left( \frac{\pi}{2} - x \right),$$

или

$$x^2 + 2k_{RDDS}x + 2\omega_c k_{RDDS}t_{targ} - 2 - \pi k_{RDDS} = 0. \quad (23)$$

Решение этого уравнения:

$$x = -k_{RDDS} \pm \sqrt{k_{RDDS}^2 + 2 + \pi k_{RDDS} - 2\omega_c k_{RDDS}t_{targ}}. \quad (24)$$

Зависимость  $t_{make\_set\_max}$  от  $k_{RDDS}$  для разных значений  $\Delta t_{cp\_max}$ , рассчитанная по уравнению (22) с учетом (24) и (18..20), показана на рис.2.9.

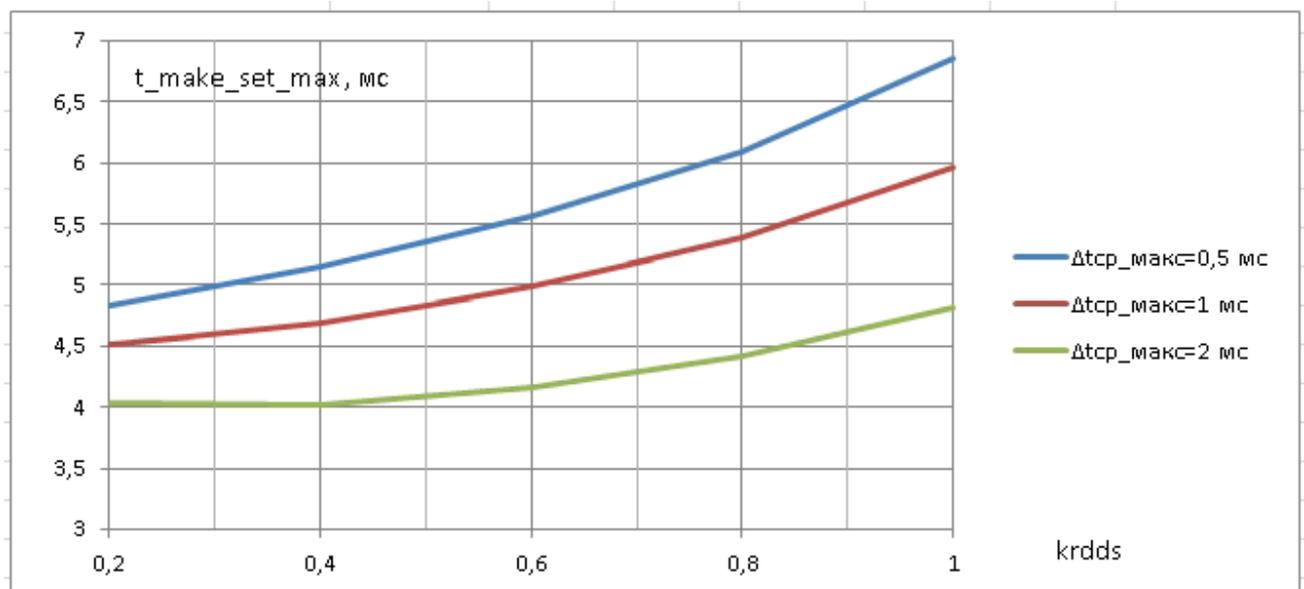


Рис.2.9

Например, из рисунка видно, что при  $\Delta t_{cp\_max} = 1$  мс значение  $t_{make\_set\_max} = 5$  мс (при частоте 50 Гц  $\omega_c t_{make\_set\_max} = \frac{\pi}{2}$ , включение на амплитуде напряжения) может быть получено только при  $k_{RDDS} > 0,6$ .

При значениях  $\omega_c t_{make\_set\_max} > \frac{\pi}{2}$  так же, как и для случая  $k_{RDDS} > 1$ , значение  $\omega_c t_{make\_set}$  должно быть ограничено величиной  $\pi/2$  во избежание больших ошибок при максимальном положительном отклонении собственного времени срабатывания выключателя. При этом допустимыми являются только отрицательные значения дополнительного смещения  $t_{dis}$ .

Сказанное относится к включению любого полюса для реактора с магнитно-независимыми фазами (три отдельных бака, пятистержневой (или с магнитными шунтами) магнитопровод у

трехфазного реактора), с соединением обмоток в звезду с заземленной нейтралью. Первая подключаемая фаза при этом выбирается произвольно (ближайшая подходящая по времени), остальные подключаются с интервалами  $60^\circ$  в обратном порядке чередования фаз или с интервалами  $120^\circ$  в прямом порядке чередования фаз (выбирается при конфигурировании).

При включении и отключении трехфазных реакторов с трехстержневым магнитопроводом, а также при изолированной нейтрали и при наличии обмоток, соединенных в треугольник, порядок коммутации фаз меняется. Порядок включения фаз для различных конструкций реакторов приведен в таблице 2.5 применительно к случаю, когда первой подключается фаза А. В таблице даны смещения желаемых моментов начала протекания тока ( $\omega_c t_{make\ des}$ ) в электрических градусах от момента перехода через ноль напряжения фазы А относительно земли.

Таблица 2.5. Синхронное включение шунтирующего реактора

Схема соединения обмоток	Конструкция магнитопровода	Моменты подключения фаз		
		ф.А	ф.В	ф.С
Y <sub>n</sub> (звезда с заземленной нейтралью)	Три однофазных	90°	210°	150° (330°)
	4 или 5 стержней			
	3 стержня	90°	180°	180°
Y (звезда с изолированной нейтралью) или Δ (треугольник)	любая	60°		150°

При подключении трехстержневого реактора с заземленной нейтралью моменты подключения второй и третьей фаз могут несколько разниться за счет индивидуальной настройки дополнительных смещений  $t_{dis}$ . Например, иногда рекомендуется для второй фазы принять  $\omega t_{dis} = +20..22^\circ$ , для третьей –  $\omega t_{dis} = -5..6^\circ$ , чтобы всегда выполнялся обратный порядок коммутации фаз.

При вычислении задержки  $t_{зад}$  для включения двух последних фаз трехстержневого реактора с заземленной нейтралью и первых двух фаз реактора с изолированной нейтралью эффективное значение  $k_{RDDs}$  увеличивается в  $\frac{2}{\sqrt{3}} = 1,155$  раза, а при включении последней фазы реактора с изолированной нейтралью – уменьшается в 1,5 раза.

По умолчанию, последовательность включения полюсов выключателя для данного режима синхронного управления в устройстве настроена таким образом, что для схемы соединения обмоток ШР в звезду с изолированной нейтралью или треугольник, а также для ШР с 3-х стержневым магнитопроводом включение выключателя всегда начинается с фазы А, а при соединении обмоток в звезду с заземленной нейтралью – с ближайшей подходящей фазы. В случае конфигурирования дополнительных смещений  $t_{dis}$  в отдельных фазах, используемый по

умолчанию порядок синхронного включения полюсов выключателя может быть скорректирован (изменен).

При заземлении нейтрали реактора через индуктивность момент подключения второй фазы зависит от отношения величины этой индуктивности  $L_3$  к индуктивности фазы реактора  $L$ :  $\delta=L_3/L$ . Если это отношение достаточно велико ( $\delta \geq 3$ ), можно выбирать стратегию как для изолированной нейтрали, если достаточно мало ( $\delta \leq 0,3$ ) – как для глухо заземленной нейтрали. При промежуточных значениях  $\delta$  следует использовать режим свободного конфигурирования АВМ-СК и задавать расчетное значение момента включения второй фазы.

### 2.7.2.2. Отключение реактора

Стратегия выбора момента выдачи команды на соленоид отключения первой фазы реактора соответствует изложенной в п.2.6.2. Желаемое (целевое) время горения дуги –  $t_{arc}$ , задается при конфигурировании прибора. Конечное значение данного параметра определяется конструктивными особенностями как самого выключателя, так и реактора.

В общем случае, оптимальное по условиям коммутации выключателем реактора значение времени горения дуги может быть подобрано из диапазона значений, определяемого совокупностью следующих основных условий:

1) нижняя граница целевого времени горения тока дуги должна быть выше значения, при котором возможно появление повторных зажиганий дуги в выключателе с сопровождающимися высокими (как для реактора, так и для выключателя) уровнями перенапряжений;

2) верхняя граница времени горения дуги должна находиться ниже значения, при котором, возможно появление эффекта среза тока реактора вблизи его естественного перехода через нулевое значение.

Указанные граничные условия, как правило, определяются по результатам соответствующих испытаний выключателя по отключению токов шунтирующего реактора, либо, в некоторых случаях, могут быть выявлены в ходе опытной/промышленной эксплуатации выключателя и реактора.

Желательные моменты прекращения тока ( $t_{targ}$ ) в трех полюсах выключателя, измеренные относительно перехода через ноль сигнала опорного напряжения в фазе А (относительно земли) для разных конструкций реакторов приведены в таблице 2.6.

Таблица 2.6. Синхронное отключение шунтирующего реактора

Схема соединения обмоток	Конструкция магнитопровода	Моменты прекращения тока в фазах		
		ф.А	ф.В	ф.С
Y <sub>n</sub> (звезда с заземленной нейтралью)	Три однофазных	90°	210°	150°
	4 или 5 стержней			
	3 стержня	90°	210°	150°
Y (звезда с изолированной нейтралью)	любая	90°	180°	180°
Δ (треугольник)				

По умолчанию, последовательность отключения полюсов выключателя в устройстве настроена таким образом, что для схемы соединения обмоток ШР в звезду с изолированной нейтралью или треугольник отключение выключателя всегда начинается с фазы А, а при соединении обмоток в звезду с заземленной нейтралью – с ближайшей подходящей фазы. В случае конфигурирования дополнительных смещений  $t_{dis}$  в отдельных фазах, используемый по умолчанию порядок синхронного отключения полюсов выключателя может быть скорректирован.

### 2.7.3. Коммутация ненагруженных трансформаторов

#### 2.7.3.1. Подключение трансформатора

Для минимизации бросков намагничивающего тока при включении трансформатора желательно, чтобы в момент фактического замыкания цепи в каждой фазе остаточный магнитный поток в этой фазе был равен потоку в аналогичный момент установившегося режима трансформатора. Если остаточные потоки во всех стержнях трансформатора независимы и близки к нулю, включать каждый полюс следует в точке максимума напряжения соответствующей фазы. В частности, такая стратегия может использоваться, когда подключенные к трансформатору паразитные или сосредоточенные емкости достаточно велики и в результате колебательного затухающего напряжения остаточные потоки после отключения достаточно малы.

Другим случаем является обеспечение малых остаточных магнитных потоков за счет реализации соответствующей стратегии управляемого отключения трансформатора, предшествующего управляемому включению (см. раздел 2.7.3.2).

Принятая в АВМ-СК стратегия управляемого включения ненагруженного трансформатора базируется на условии отсутствия остаточных магнитных потоков в трансформаторе (либо их несущественных значениях, которыми можно пренебречь) и построена с учетом конечных

значений скорости снижения электрической прочности межконтактного промежутка выключателя (RDDS) и допустимого разброса собственного времени включения ( $\Delta t_{cp}$ ).

Порядок включения фаз для различных конструкций трансформаторов приведен в таблице 2.7 при условии, что первой всегда подключается фаза А. В таблице даны смещения желаемых моментов начала протекания тока ( $\omega_c t_{make\ des}$ ) в электрических градусах от момента перехода через ноль напряжения фазы А относительно земли.

Таблица 2.7. Синхронное включение трансформатора без остаточных магнитных потоков

Схема соединения обмоток на стороне выключателя	Наличие вторичной обмотки, соединенной в треугольник	Конструкция магнитопровода	Моменты подключения фаз		
			А	В	С
Y <sub>n</sub> (звезда с заземленной нейтралью)	нет	Три однофазных	90°	210°	330°
		4 или 5 стержней			
	да	Три однофазных	90°	180°	180°
		4 или 5 стержней			
неважно	3 стержня				
Y (звезда с изолированной нейтралью)	неважно	любая	60°		150°
Δ (треугольник)					

Для конкретных трансформаторов желаемые моменты подключения полюсов могут изменяться настройкой смещений  $t_{dis}$ .

При задании значений  $t_{dis}$  на этапе конфигурирования устройства должны быть учтены рассмотренные в п.2.7.2.1 ограничения, связанные с конечным значением RDDS.

Для включения двух последних фаз трехстержневого трансформатора с заземленной нейтралью или при наличии вторичной обмотки, соединенной в треугольник, и первых двух фаз трансформатора с изолированной нейтралью эффективное значение  $k_{RDDS}$  увеличивается в  $\frac{2}{\sqrt{3}} = 1,155$  раза, а при включении последней фазы трансформатора с изолированной нейтралью – уменьшается в 1,5 раза.

### 2.7.3.2. Отключение трансформатора

Как и при включении, отключается первой всегда фаза А. Целью стратегии управляемого отключения в данном случае является минимизация остаточных потоков в стержнях трансформатора, поэтому в качестве желаемых моментов прерывания тока выбираются моменты естественного перехода через ноль. Таким образом, стратегия синхронизации отключения полюсов в данном случае такая же, как и при отключении шунтирующих реакторов. Желаемые моменты прекращения тока для разных конструкций трансформаторов приведены в таблице 2.8. В таблице даны смещения желаемых моментов прекращения протекания тока ( $\omega_c t_{targ}$ ) в электрических градусах от момента перехода через ноль напряжения фазы А относительно земли.

Таблица 2.8. Синхронное отключение трансформаторов

Схема соединения обмоток на стороне выключателя	Наличие вторичной обмотки, соединенной в треугольник	Конструкция магнитопровода	Моменты прекращения тока в фазах		
			А	В	С
Y <sub>n</sub> (звезда с заземленной нейтралью)	нет	Три однофазных	90°	210°	150°
		4 или 5 стержней			
	да	Три однофазных	90°	210°	150°
		4 или 5 стержней			
неважно	3 стержня	90°	210°	150°	
Y (звезда с изолированной нейтралью)	неважно	любая	90°	180°	180°
Δ (треугольник)					

### 2.7.3.3. Сравнение с алгоритмами коммутации реакторов

Из сравнения таблиц 2.5, 2.6 и 2.7, 2.8 видно, что без учета остаточных потоков в магнитопроводе алгоритмы коммутации реакторов и ненагруженных трансформаторов одинаковы.

### 2.7.4. Коммутация ненагруженной линии

Основной целью управляемой коммутации является ограничение перенапряжений, главным образом на дальнем конце линии. Процессы при коммутации линии, особенно при повторном включении в цикле АПВ, существенно зависят от параметров линии, наличия и способа параллельной или последовательной компенсации, наличия подключенных к линии электромагнитных трансформаторов напряжения, точек подключения и параметров ограничителей

перенапряжений. Поэтому в общем случае рекомендуется исследование процессов для конкретных случаев применения линейных выключателей, и настройка УСК по результатам этого исследования в режиме свободной конфигурации. Однако в большинстве случаев приемлемые результаты дает использование стратегии управления выключателем, аналогичной стратегии коммутации конденсаторных батарей с заземленной нейтралью, рассмотренной в п. 2.7.1. Такая стратегия принята в АВМ-СК в качестве типовой для управления выключателями линий.

## 2.8. Маркировка и пломбирование

На каждом контроллере АВ-ТУК-05.001 и каждом модуле АВ-ТУК-41, входящем в состав устройства АВМ-СК, имеется наклейка с указанием:

- наименования и типа изделия;
- заводского порядкового номера;
- года выпуска;
- товарного знака предприятия-изготовителя.

Маркировка модулей контроллера АВ-ТУК-05.001 выполнена методом трафаретной печати непосредственно на печатных платах модулей.

Способ и качество маркировки обеспечивают четкое и ясное изображение в течение срока службы изделия и сохраняются при транспортировании и хранении изделия в транспортном ящике.

Пломбирование изделия не предусмотрено.

### 3. Использование по назначению

Устройство АВМ-СК должно эксплуатироваться круглосуточно в течение всего срока службы за исключением времени, отведенного на техническое обслуживание и ремонт аппаратуры.

#### 3.1. Эксплуатационные ограничения

Устройство должно эксплуатироваться в условиях, оговоренных в п.2.2 настоящего руководства по эксплуатации.



#### **ВНИМАНИЕ!**

При попадании воды или иных жидкостей внутрь элементов устройства его использование не допускается.

Значения напряжения питания устройства не должно выходить за пределы диапазона, установленного в п.2.2 настоящего руководства по эксплуатации.

Значения подводимых к измерительным цепям устройства переменных токов и напряжений, аналоговых сигналов постоянного тока не должны превышать пределов, установленных в п. 2.2 настоящего руководства по эксплуатации.

#### 3.2. Подготовка изделия к использованию

Установка составных частей устройства в шкаф управления или шкаф привода высоковольтного выключателя и монтаж электрических соединений должны производиться в соответствии с требованиями инструкции по монтажу АВМ-СК (АВМР.421417.044 ИМ). Для выполнения подключений к устройству внешних кабелей необходимо использовать схему внешних подключений устройства АВМ-СК (АВМР.421417.044 Э5), приведенную в Приложении 2 к настоящему руководству по эксплуатации.



#### **ВНИМАНИЕ!**

Перед вводом устройства АВМ-СК в работу необходимо убедиться, что все разъемы контроллера АВ-ТУК-05.001 и модулей АВ-ТУК-41 подключены и надежно зафиксированы. В процессе работы устройства запрещается коммутация разъемных соединений.

Перечень возможных неисправностей устройства АВМ-СК, которые могут возникать в процессе его подготовки к использованию, при вводе в работу или опробовании, приведен в п. 3.3.9 настоящего руководства.

### 3.2.1. Меры безопасности при подготовке изделия к использованию

После завершения установки и проводного монтажа устройства АВМ-СК на разъеме XS5 контроллера АВ-ТУК-05.001 заведены цепи вторичных токов от ТТ энергообъекта, которые классифицируются как токовые цепи. Работа с этими цепями должна осуществляться по правилам работы с токовыми цепями. Обслуживающий персонал, допущенный к работам с АВМ-СК, должен знать правила работы с токовыми цепями и пройти соответствующий инструктаж.

При работах с устройством АВМ-СК необходимо иметь в виду, что на разъемах составных частей устройства присутствуют опасные для жизни напряжения:

- переменное напряжение собственных нужд  $\sim 230$  В, 50 Гц на разъеме XS1;
- переменное напряжение от измерительных трансформаторов напряжения  $\sim 100$  В, 50 Гц на разъемах XS6, XS7;
- напряжение оперативного постоянного тока  $\approx 220$  В на разъеме XS9 контроллера АВ-ТУК-05.001 и разъемах XS11, XS12 и/или XS14, XS15 модулей АВ-ТУК-41.

### 3.2.2. Положения органов управления и настройки перед включением изделия

#### Модуль АВ-ТУК-2135 контроллера АВ-ТУК.05.001

##### Орган управления

Микропереключатели на основной плате модуля АВ-ТУК-2135 (плата АВ-ТУК-2100)

##### Действие

Задание режима работы аналоговых входов модуля

##### Задание положения органа управления

Аналоговые входы модуля могут функционировать в режимах ввода токового сигнала  $\pm 20$  мА или сигнала напряжения  $\pm 5$  В. Переключение режимов ввода ток / напряжение обеспечивается индивидуально на каждом канале с помощью микропереключателя, подключающего прецизионный входной шунт  $249 \text{ Ом} \pm 0,1 \%$  при вводе сигналов тока. Для использования входного канала в режиме тока необходимо установить микропереключатель в положение «Т», для использования в режиме напряжения – в положение «Н».

Положения микропереключателей модуля АВ-ТУК-2135 задаются на предприятии-изготовителе в соответствии с типами выходных сигналов датчиков, входящих в комплект устройства АВМ-СК.

### 3.2.3. Ввод устройства в работу

Ввод устройства АВМ-СК в работу выполняется в следующем порядке.

1. Убедиться, что все упомянутые в пункте 3.2.2 органы управления и настройки установлены в предписанные этим пунктом положения.
2. Убедиться, что автоматические выключатели, установленные в цепях питания переменного тока и цепях оперативного постоянного тока, посредством которых подается питание на составные части устройства АВМ-СК, отключены;
3. Соблюдая необходимые меры предосторожности, подать на устройство питание, включив соответствующие автоматические выключатели;
4. После подачи питания устройство АВМ-СК в течение нескольких секунд выполняет процедуры самотестирования, инициализации и первоначальной установки;
5. Убедиться, что контроллер АВ-ТУК-05.001 функционирует в нормальном режиме:
  - на модулях АВ-ТУК-91 и АВ-ТУК-12 должна появиться светодиодная индикация «Питание» (постоянное горение светодиода);
  - на модулях АВ-ТУК-12, АВ-ТУК-2135 и АВ-ТУК-85 должна появиться светодиодная индикация «Режим» (мигание светодиода 1 раз в секунду);
  - на модуле АВ-ТУК-12 должна появиться светодиодная индикация «Сеть В» (мигание с нефиксированной частотой);
  - на модулях АВ-ТУК-2135 и АВ-ТУК-85 должна появиться светодиодная индикация «Сеть» (мигание с нефиксированной частотой).

После выполнения указанных пунктов устройство АВМ-СК считается введенным в работу.

### 3.2.4. Конфигурирование устройства

Конфигурирование устройства АВМ-СК осуществляется с целью настройки его параметров для работы в составе конкретного выключателя при коммутации ожидаемого типа нагрузки, с учетом располагаемого набора датчиков.

Предварительное конфигурирование устройства производится на предприятии-изготовителе высоковольтного выключателя, в состав которого включено устройство. При конфигурировании используются заводские данные о параметрах выключателя.

При замене по гарантии предприятием изготовителем устройства АВМ-СК вышедших из строя модулей, требующих дополнительного конфигурирования, это конфигурирование

осуществляется представителями предприятия-изготовителя до отгрузки модулей заказчику. Модули, не требующие дополнительного конфигурирования, поддерживающие автоматическое восстановление конфигурации при установке в контроллер, поставляются с предприятия-изготовителя сконфигурированными значениями по умолчанию.



### **ВНИМАНИЕ!**

Устройство поставляется сконфигурированным значениями по умолчанию, указанными в документе «Акт установки конфигурационных параметров и значений предупредительной и аварийной сигнализации устройства синхронной коммутации высоковольтного выключателя АВМ-СК». При необходимости переконфигурирования изделия необходимо занести значения обновленной конфигурации в указанный акт.

#### **3.2.4.1. Установка программного обеспечения**

Программное обеспечение SCADA-системы Sonica (SonicaClient) необходимо для выполнения установки связи сервисного ПК с устройством АВМ-СК и выполнения конфигурирования устройства.

Установочный файл SonicaClient поставляется в комплекте устройства АВМ-СК на компакт-диске с программным обеспечением и сопроводительной документацией. Для установки SonicaClient необходимо запустить из директории «Install» на диске установщик SonicaClientSetup.exe и выполнить последовательный переход кнопками «Далее» по экранам, приведенным на рис. 3.1.

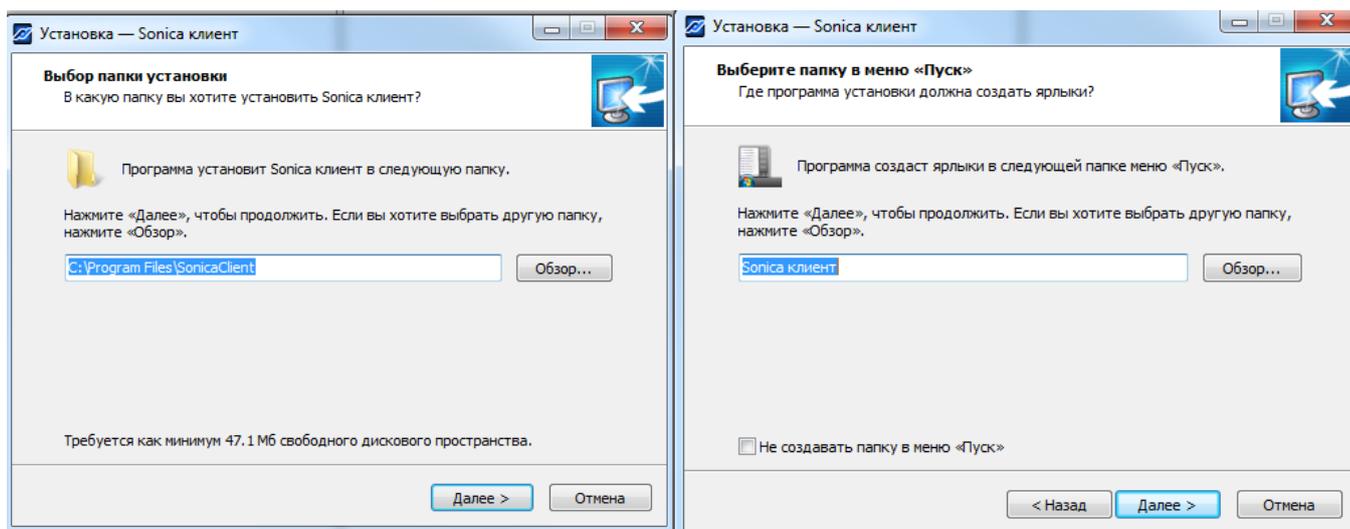


Рис. 3.1. Установка программного обеспечения SonicaClient

### 3.2.4.2. Подключение сервисного персонального компьютера

При отключенном питании устройства АВМ-СК подключить порт Ethernet сервисного ПК стандартным Ethernet-кабелем к разъему X2 «EthA» модуля АВ-ТУК-12, как показано на рис. 3.2.

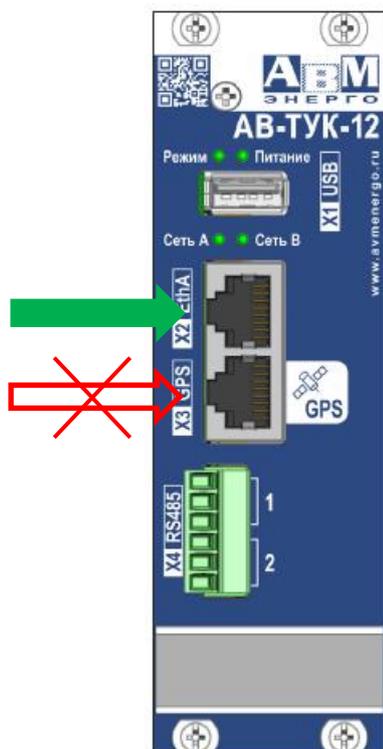


Рис. 3.2. Подключение сервисного персонального компьютера к модулю АВ-ТУК-12



#### **ВНИМАНИЕ!**

**Подключение должно выполняться исключительно к разъему X2 «EthA».**

При подключении сервисного ПК к аналогичному по конструкции разъему X3 «GPS» модуль АВ-ТУК-12 и Ethernet-порт компьютера выйдут из строя при подаче питания на устройство. Для предотвращения подобной ситуации в разъеме X3 «GPS» установлена заглушка.

Выполнить ввод устройства АВМ-СК в работу, выполнив действия по п. 3.2.3 настоящего руководства по эксплуатации.

Убедиться в появлении на модуле АВ-ТУК-12 светодиодной индикации «Сеть А» (мигание с нефиксированной частотой), что говорит о подключении модуля к сервисному ПК. Подключение может занять несколько секунд.

### 3.2.4.3. Установка связи с устройством

Запустить клиентское программное обеспечение SonicaClient с помощью одноименного ярлыка, созданного на рабочем столе сервисного ПК в процессе установки. В появившемся окне указать сетевой адрес устройства и номер порта (указаны в паспорте устройства АВМ-СК), ввести имя пользователя и пароль, а затем нажать клавишу «Соединиться».

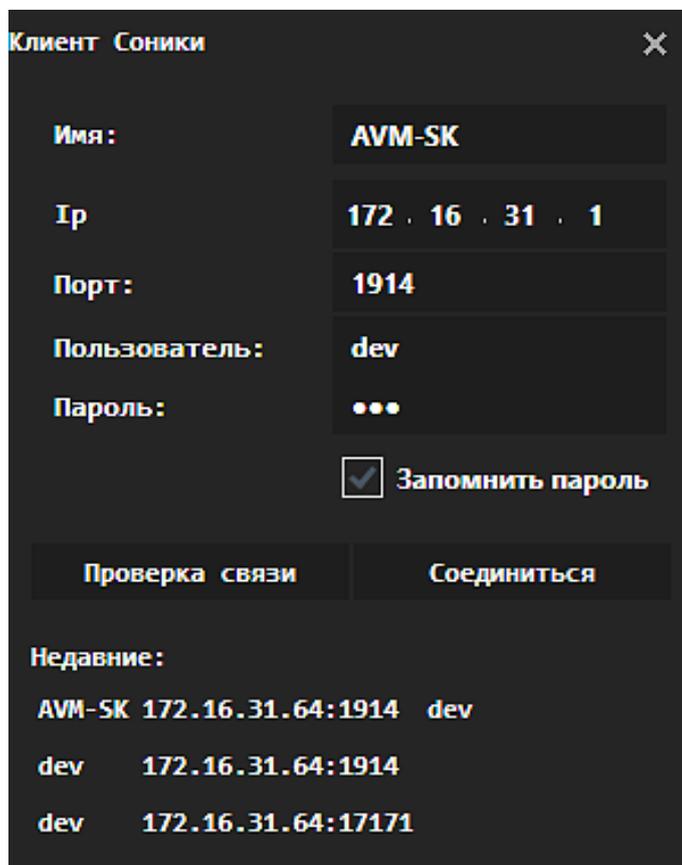


Рис. 3.3. Ввод сетевых настроек при подключении к устройству АВМ-СК

При правильном вводе сетевых настроек должен запуститься процесс установления связи с конфигурационным проектом АВМ-СК, загруженным в памяти модуля АВ-ТУК-12, и создания главного окна проекта в клиентском программном обеспечении SonicaClient. Процесс занимает несколько секунд, его ход отображается на экране, как показано на рис. 3.4.

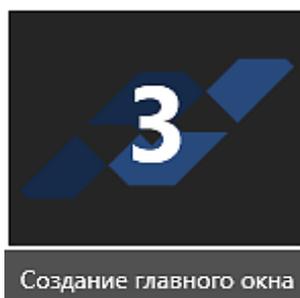


Рис. 3.4. Загрузка конфигурационного проекта АВМ-СК

По окончании процесса загрузки открывается главный экран проекта, показанный на рис. 3.5.

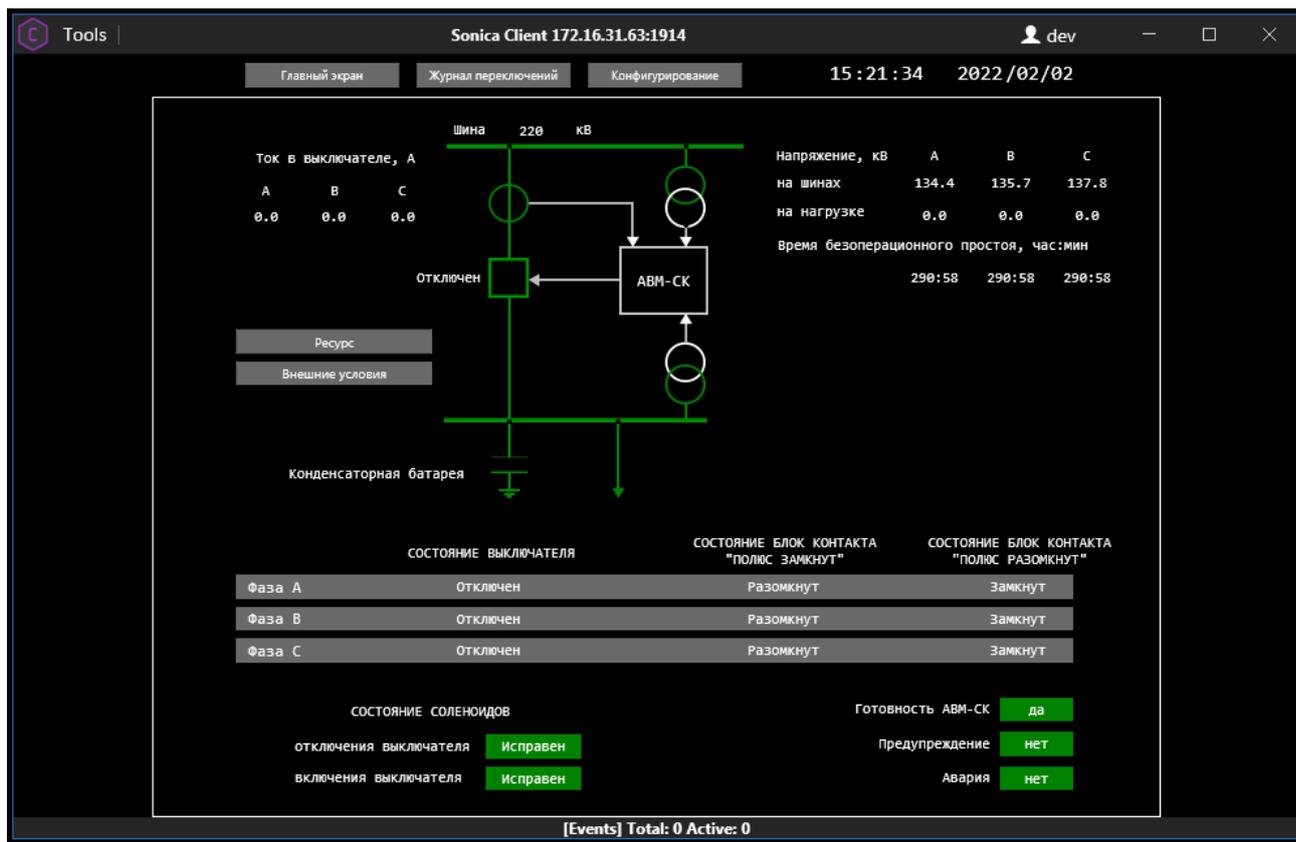


Рис. 3.5. Главный экран конфигурационного проекта АВМ-СК

#### 3.2.4.4. Конфигурирование модуля АВ-ТУК-85

В главном окне программного обеспечения SonicaClient (рис. 3.5) выбрать вкладку «Конфигурирование». В появившемся окне, показанном на рис. 3.6, ввести пароль доступа к конфигурированию и нажать клавишу «ОК» в окне ввода пароля.

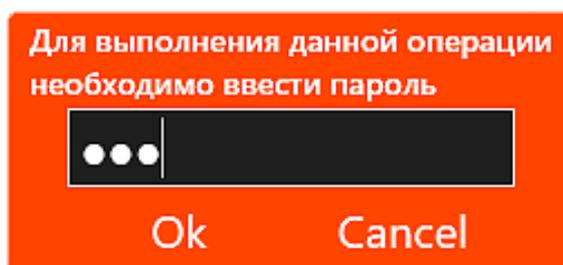


Рис. 3.6. Вход в режим конфигурирования АВМ-СК

В открывшемся окне с условным изображением состава устройства АВМ-СК (рис. 3.7) следует убедиться, что над изображениями модулей АВ-ТУК-2135 и АВ-ТУК-85 подсвечены зеленым цветом сообщение «Good» (исправен). Далее нажать клавишу «Конфигурирование» на изображении модуля АВ-ТУК-85.

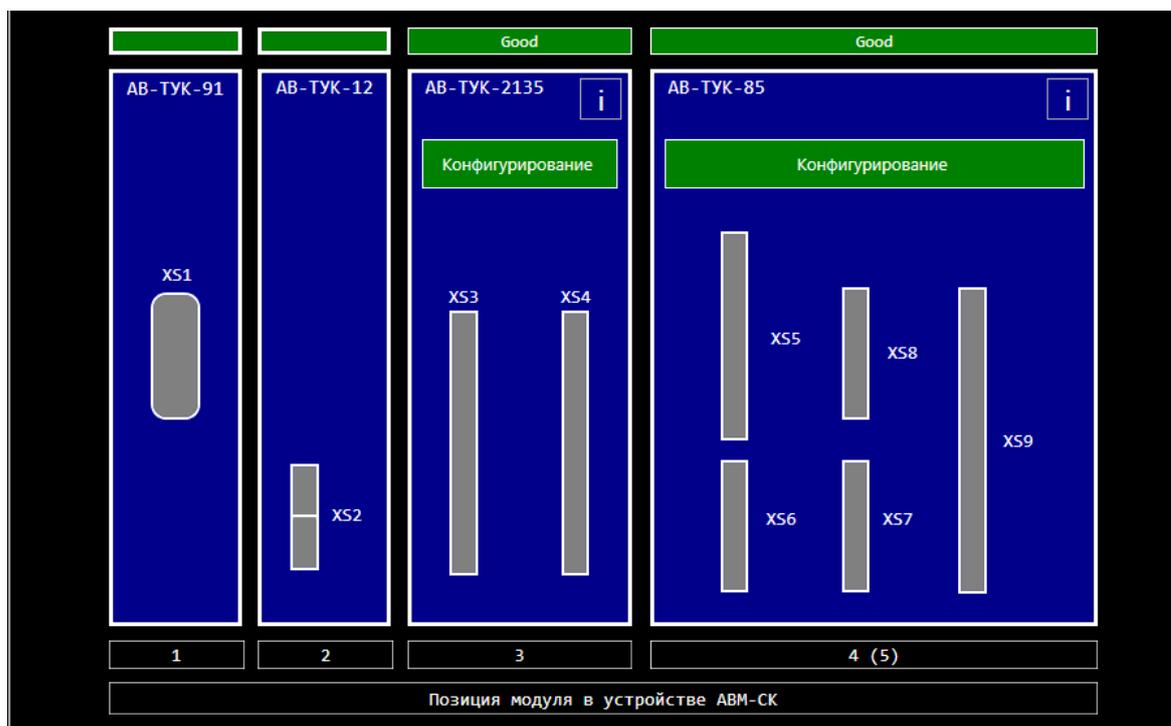


Рис. 3.7. Экран «Конфигурирование»

Открывается экран «Модуль АВ-ТУК-85» (рис. 3.8), содержащий параметры настройки протокола передачи данных МЭК 60870-5-104 и параметры модуля: типы установленных базовой и дополнительной плат модуля, а также способ синхронизации системного времени.

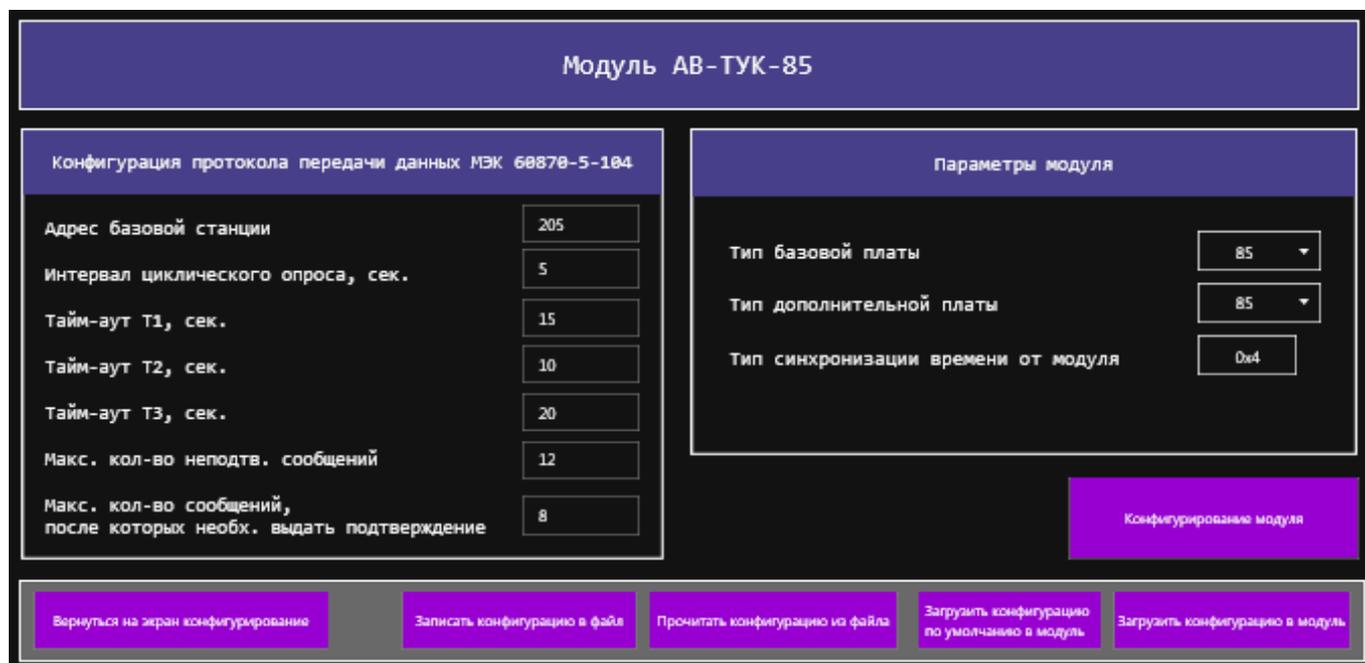
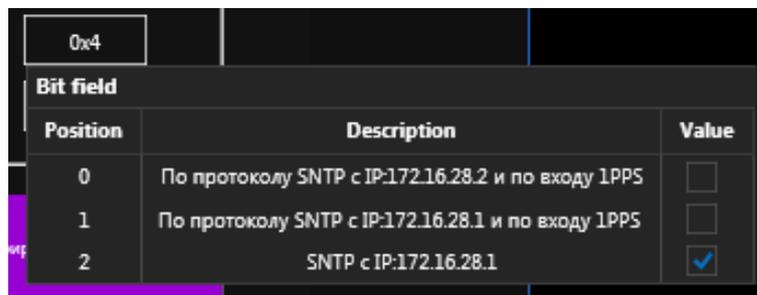


Рис. 3.8. Экран «Модуль АВ-ТУК-85»

Для выбора способа синхронизации времени кликнуть левой кнопкой мыши на окошко с числовым кодом в соответствующей строке. Во всплывающем окошке (рис. 3.9) отметить галочкой требуемый вариант



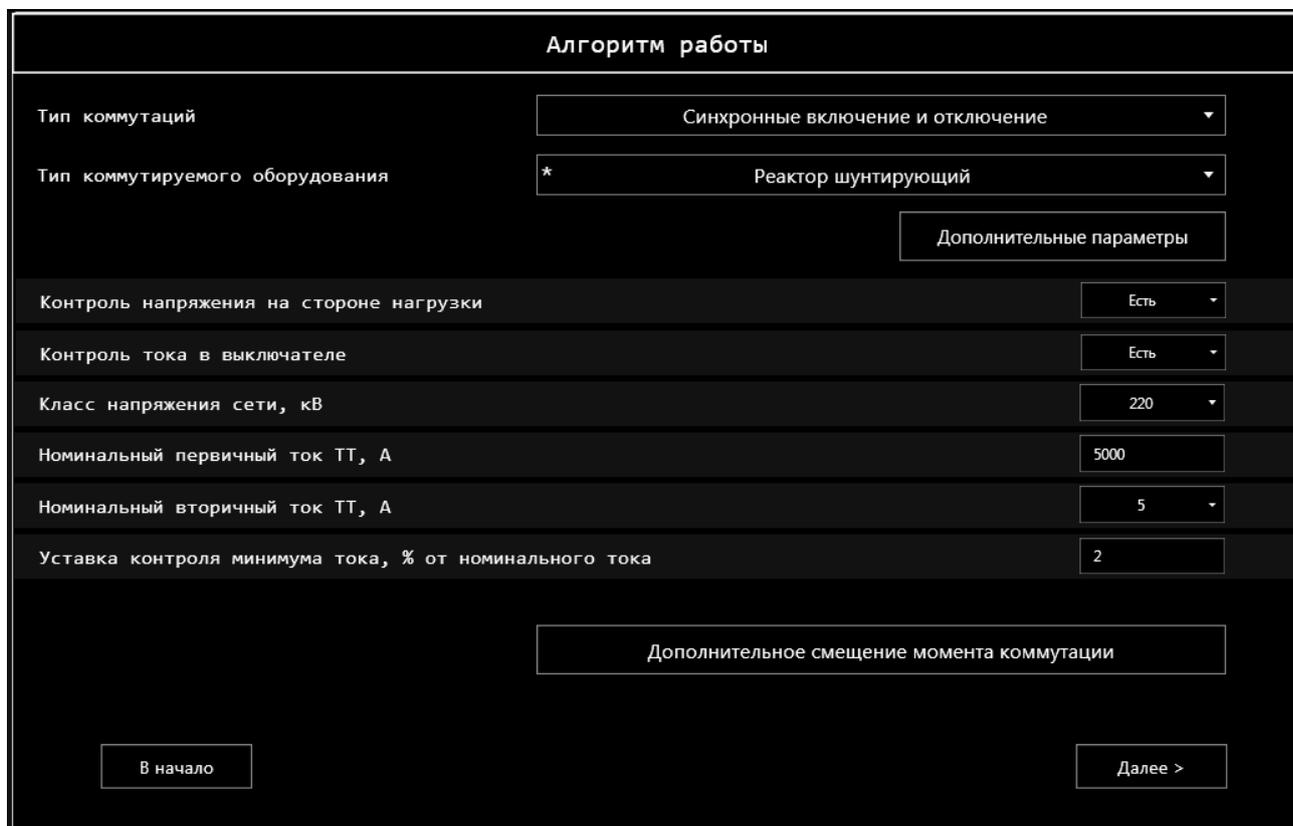
Position	Description	Value
0	По протоколу SNTP с IP:172.16.28.2 и по входу 1PPS	<input type="checkbox"/>
1	По протоколу SNTP с IP:172.16.28.1 и по входу 1PPS	<input type="checkbox"/>
2	SNTP с IP:172.16.28.1	<input checked="" type="checkbox"/>

Рис. 3.9. Выбор варианта синхронизации времени

Для синхронизации времени по SNTP от центрального контроллера (типовой вариант) выбирается вариант в нижней строке «SNTP с IP 172.16.28.1».

Кликнуть на свободное место главного окна (всплывающее окошко закроется).

Нажать кнопку «Конфигурирование модуля». Открывается первое окно конфигурационных параметров «Алгоритм работы» (рис. 3.10).



**Алгоритм работы**

Тип коммутаций: Синхронные включение и отключение

Тип коммутируемого оборудования: \* Реактор шунтирующий

Дополнительные параметры

Контроль напряжения на стороне нагрузки: Есть

Контроль тока в выключателе: Есть

Класс напряжения сети, кВ: 220

Номинальный первичный ток ТТ, А: 5000

Номинальный вторичный ток ТТ, А: 5

Уставка контроля минимума тока, % от номинального тока: 2

Дополнительное смещение момента коммутации

В начало      Далее >

Рис. 3.10. Экран «Алгоритм работы»

В этом окне в выпадающем списке «Тип коммутации» можно выбрать, для каких операций будет осуществляться синхронизация – всегда несинхронно, синхронизация только при включении, только при отключении, при включении и отключении. Как правило, выбирается последний вариант.

В выпадающем списке «Тип коммутируемого оборудования» (рис. 3.11) необходимо выбрать тип оборудования, которое предположительно будет коммутироваться данным выключателем: конденсаторная батарея, шунтирующий реактор, силовой трансформатор или ненагруженная линия электропередачи.

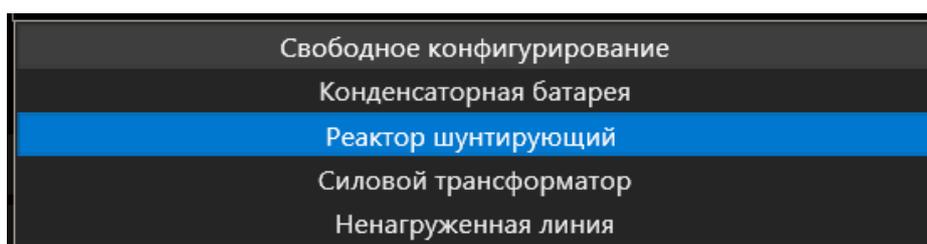


Рис. 3.11. Окно выбора типа коммутируемого оборудования

В любом из этих случаев АВМ-СК будет реализовать соответствующие стандартные алгоритмы синхронизации включения и отключения полюсов выключателя.



#### Примечание

При изменении любого конфигурируемого параметра соответствующее поле помечается символом звездочки «\*».

При выборе варианта «Силовой трансформатор» или «Шунтирующий реактор» необходимо указать дополнительные параметры алгоритма на вкладке «Дополнительные параметры» (рис. 3.12):

- «Тип магнитопровода»: три однофазных трансформатора, трехфазный трехстержневой или трехфазный пятистержневой (с шунтом);
- «Наличие обмотки, соединенной в треугольник»: есть / нет;
- «Схема подключения нейтрали»: заземленная/изолированная;
- «Интервал подключения полюсов трансформатора/реактора с магнитно-независимыми фазами» – прямой порядок чередования фаз (интервал 120°) или обратный порядок (интервал 60°);

Тип магнитопровода	Три однофазных
Наличие обмотки, соединенной в треугольник	Нет
Схема подключения нейтрали	Заземленная
Интервал подключения полюсов трансформатора/реактора с магнитно-независимыми фазами	Обратный порядок чередования фаз

Рис. 3.12. Экран «Дополнительные параметры» силового трансформатора и ШР

Для вариантов «Силовой трансформатор» или «Шунтирующий реактор» можно задать для каждого полюса дополнительные смещения моментов замыкания/размыкания главных контактов (параметры  $t_{dis}$ , см. п. 2.6.1 настоящего документа). Для этого необходимо кликнуть на появляющуюся для этих вариантов клавишу «Дополнительное смещение момента коммутации» в окне «Алгоритм работы» (рис. 3.10), и в выпадающем окне (рис. 3.13) ввести значения дополнительных смещений моментов размыкания главных контактов каждого полюса при отключении (левое поле) и дополнительных смещений моментов замыкания главных контактов каждого полюса при включении (правое поле) в электрических градусах. В качестве справочных параметров в данном окне после ввода значения смещения в градусах отображается соответствующее значение в миллисекундах при частоте 50 Гц.

Дополнительное смещение момента коммутации			
Дополнительное смещение момента отключения		Дополнительное смещение момента включения	
в Эл. градусах	в мс (при 50 Гц)	в Эл. градусах	в мс (при 50 Гц)
A	0	→	0.0000
B	0	→	0.0000
C	0	→	0.0000

Рис. 3.13. Экран «Дополнительное смещение момента коммутации»

При выборе варианта «Конденсаторная батарея» необходимо указать дополнительные параметры алгоритма на вкладке «Дополнительные параметры» (рисунок 3.14):

- «Схема подключения нейтрали»: заземленная/изолированная;
- «Интервал подключения полюсов КБ, соединенной в звезду с заземленной нейтралью» - прямой порядок чередования фаз (интервал  $120^\circ$ ) или обратный порядок (интервал  $60^\circ$ );
- «Интервал отключения полюсов КБ, соединенной в звезду с заземленной нейтралью – прямой (через  $120^\circ$ ) или обратный (через  $60^\circ$ ) порядок чередования фаз;
- «Интервал подключения последней фазы КБ с изолированной нейтралью» –  $90^\circ$  или  $120^\circ$ .

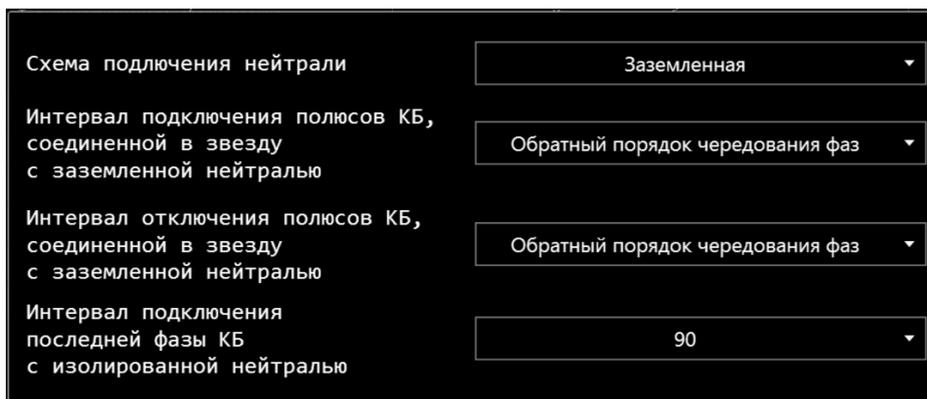


Рис. 3.14. Экран «Дополнительные параметры» конденсаторной батареи

Если необходимо использовать алгоритм, отличающийся от стандартного, в списке «Тип коммутируемого оборудования» следует выбрать опцию «Свободное конфигурирование». Такой алгоритм предоставляет пользователю возможность самому определить желаемые задержки замыкания и размыкания главных контактов каждого полюса выключателя относительно моментов перехода через ноль напряжения в фазе А в положительном направлении. Для задания этих параметров необходимо нажать клавишу «Свободная конфигурация» (рис. 3.15), и в выпадающем окне (рис. 3.16) ввести новые значения смещений моментов размыкания главных контактов каждого полюса при отключении (левое поле) и смещений моментов замыкания главных контактов каждого полюса при включении (правое поле) в электрических градусах относительно перехода через ноль напряжения фазы А в положительном направлении.



Рис. 3.15. Выбор опции «Свободное конфигурирование»



Рис. 3.16. Задание задержек моментов размыкания/замыкания полюсов выключателя в режиме свободного конфигурирования

В качестве справочных параметров в данном окне после ввода значения задержки в градусах отображается соответствующее значение в миллисекундах при частоте 50 Гц.

На экране «Алгоритм работы» (рис. 3.10) необходимо установить также значения остальных конфигурационных параметров:

- «Контроль напряжения на стороне нагрузки»: есть / нет;
- «Контроль тока в выключателе»: есть / нет;
- «Класс напряжения сети, кВ» – выбрать номинальное линейное напряжение присоединения, в котором будет установлен выключатель;
- «Номинальный первичный ток ТТ, А» – значения первичного тока ТТ, включенного последовательно с выключателем;
- «Номинальный вторичный ток ТТ, А» – значения вторичного тока ТТ, включенного последовательно с выключателем: 1А / 5А;
- «Уставка контроля минимума тока, % от номинального тока» - относительное значение модуля тока, при котором фиксируется отсутствие тока при анализе осциллограммы коммутационной операции; может использоваться, в частности, для отстройки от остаточного тока намагничивания на вторичной стороне ТТ после прекращения тока в главной цепи в операции отключения.

После ввода указанных выше конфигурационных параметров необходимо нажать кнопку «Далее» в правой нижней части экрана рис. 3.10. В появляющемся окне «Параметры выключателя» (рис. 3.17) необходимо проверить и, при необходимости, исправить численные значения всех параметров.

Параметры выключателя			
Заводской номер аппарата	<input type="text" value="1234"/>		
Наименование аппарата	<input type="text"/>		
	А	В	С
Собственное время отключения, мс	<input type="text" value="30"/>	<input type="text" value="30"/>	<input type="text" value="30"/>
Собственное время включения, мс	<input type="text" value="60"/>	<input type="text" value="60"/>	<input type="text" value="60"/>
Механическая задержка срабатывания б/к отключенного состояния относительно перемещения главного контакта при включении, мс	<input type="text" value="0.00"/>	<input type="text" value="0.00"/>	<input type="text" value="0.00"/>
Механическая задержка срабатывания б/к включенного состояния относительно перемещения главного контакта при включении, мс	<input type="text" value="0.00"/>	<input type="text" value="0.00"/>	<input type="text" value="0.00"/>
Механическая задержка срабатывания б/к отключенного состояния относительно перемещения главного контакта при отключении, мс	<input type="text" value="0.00"/>	<input type="text" value="0.00"/>	<input type="text" value="0.00"/>
Механическая задержка срабатывания б/к включенного состояния относительно перемещения главного контакта при отключении, мс	<input type="text" value="0.00"/>	<input type="text" value="0.00"/>	<input type="text" value="0.00"/>
Номинальный ток выключателя, А	<input type="text" value="800"/>		
Номинальный ток отключения выключателя, кА	<input type="text" value="40"/>		
Целевое время горения дуги в операции отключения, мс	<input type="text" value="2.5"/>		
Скорость снижения проб. напряжения при вкл., кВ/мс	<input type="text" value="7000"/>		
Алгоритм расчета коммутационного ресурса	<input type="text" value="Стандартный"/>		
<input type="button" value=" &lt; Назад"/>		<input type="button" value=" Далее &gt;"/>	

Рис. 3.17. Экран «Параметры выключателя»

В данном окне требуется также выбрать вариант алгоритма расчета коммутационного ресурса – «стандартный» или фирменный алгоритм ООО ЭЛЬМАШ (УЭТМ).

При выборе алгоритма УЭТМ появляется дополнительная кнопка «Параметры алгоритма» (рис. 3.18).

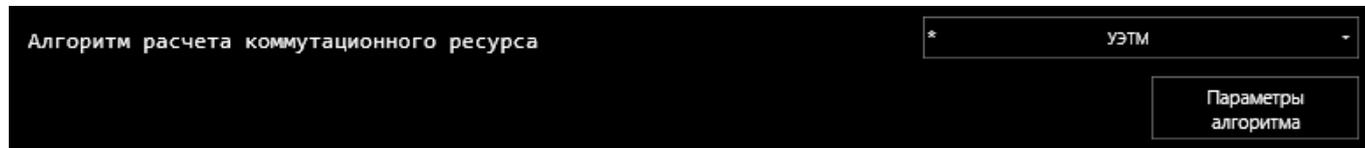


Рис. 3.18. Выбор алгоритма расчета коммутационного ресурса»

При нажатии на эту кнопку открывается окно, в котором содержатся формулы расчета коммутационного ресурса с пояснением обозначений и поля для задания численных значений параметров алгоритма (рис. 3.19).

Коммутационный ресурс затраченный на одним полюсом выключателя на отключение тока

$$R_i = 0, \text{ при } I_i \leq I_{отс}$$

$$R_i = (1/N) * 100, \text{ при } I_{отс} < I_i \leq I_{ном}$$

$$R_i = 1 / (A / ((I_i + a)^n) + b) * 100, \text{ при } I_i > I_{ном}$$

$R_i$  - коммутационный ресурс, затраченный одним полюсом выключателя на отключение тока, %

$I_i$  - Действующее значение тока отключения, кА

$I_{отс}$  - Ток отсечки (порог уровня отсекаемых помех сигнала главного тока), А

$I_{ном}$  - Номинальный ток выключателя (действующее значение), А

Переменная	Значение
A	<input type="text" value="3960"/>
a	<input type="text" value="0.63"/>
n	<input type="text" value="2.0"/>
b	<input type="text" value="9.68"/>
N	<input type="text" value="5000"/>
$I_{отс}$	<input type="text" value="20"/>

Рис. 3.19. Алгоритм УЭТМ для расчета расхода коммутационного ресурса

По согласованию с производителем выключателей в программу расчета коммутационного ресурса может быть включен их собственный алгоритм расчета взамен стандартного.

Заполнив или откорректировав значения параметров, кликнуть на свободном поле главного экрана для возврата в окно рис. 3.17.

При нажатии кнопки «Далее» открывается окно «Дополнительные параметры выключателя» (рис. 3.20).

Дополнительные параметры выключателя	
Предельное значение механического ресурса	40000
Предельное значение коммутационного ресурса	40
Предельное значение коммутационного ресурса при номинальном токе	6000
Максимальный разброс собственного времени отключения полюсов выключателя, мс	1
Максимальный разброс собственного времени включения полюсов выключателя, мс	1
Допустимое время протекания тока через соленоид включения, мс	300
Допустимое время протекания тока через соленоид отключения, мс	300
Номинальное давление в гидроприводе, МПа	32

< Назад Далее >

Рис. 3.20. Окно «Дополнительные параметры выключателя»

В этом окне указываются паспортные значения параметров:

- предельное значение механического ресурса, операций;
- предельное количество операций при токе КЗ, шт;
- предельное количество операций при номинальном токе, шт.;
- допустимый разброс собственных времен отключения/включения полюсов выключателя в мс;
- допустимое время протекания тока в соленоидах включения и отключения;
- номинальное значение давления в гидроприводе выключателя (если он используется).

После ввода параметров выключателя необходимо нажать кнопку «Далее» в правой нижней части экрана. Появляется окно «Дополнительные параметры по алгоритму» (рис. 3.21).

Кликнув поле значений в строке «Учет внешних условий», можно открыть список сигналов (параметров), по которым будет производиться коррекция расчетных значений собственных времен включения и отключения полюсов выключателя (рис. 3.22).

### Дополнительные параметры по алгоритму

Учет внешних условий

Использовать адаптивный алгоритм

Коэффициент адаптации расчетных собственных времен включения и отключения по фактическим значениям

0x3

Коррекция по внешним условиям

Да ▾

0.10

< Назад

Далее >

Рис. 3.21. Экран «Дополнительные параметры по алгоритму»

Bit field		
Position	Description	Value
0	Датчик напряжения оперативного тока	<input checked="" type="checkbox"/>
1	Датчик температуры окр. среды	<input checked="" type="checkbox"/>
2	Датчик температуры в шкафу привода ф.А	<input type="checkbox"/>
3	Датчик температуры в шкафу привода ф.В	<input type="checkbox"/>
4	Датчик температуры в шкафу привода ф.С	<input type="checkbox"/>
5	Датчик на давления в гидроприводе ф.А	<input type="checkbox"/>
6	Датчик на давления в гидроприводе ф.В	<input type="checkbox"/>
7	Датчик на давления в гидроприводе ф.С	<input type="checkbox"/>
8	Время безоперационного простоя полюса А	<input checked="" type="checkbox"/>
9	Время безоперационного простоя полюса В	<input checked="" type="checkbox"/>
10	Время безоперационного простоя полюса С	<input checked="" type="checkbox"/>

Рис. 3.22. Вкладка «Учет внешних условий»

Галочками в правой части списка отметить, по каким сигналам будет осуществляться коррекция.

Во входящих в состав АВМ-СК устройствах АВ-ТУК-41 предусмотрен встроенный узел измерения напряжения оперативного тока (= 220 В). Выходной сигнал этого узла модуля АВ-ТУК-41 А5 (управление соленоидами включения) «+220MEAS» подключается к входу 1 платы 2100 модуля АВ-ТУК-2135 (см. схему подключений, Приложение 2 к настоящему руководству по эксплуатации). Этот сигнал имеет диапазон изменения 0...5 В, канал 1 платы 2100 модуля АВ-ТУК-2135 должен быть настроен на этот диапазон (см. п. 3.2.4.5). Коэффициент преобразования

узла измерения напряжения составляет 0,01535 В/В, и максимальное значение измеряемого напряжения, соответствующее сигналу 5 В на входе платы 2100, равно 325,75 В (см. рис. 3.28).

Если какие-либо датчики из строк 0...7 не подключены к устройству, в соответствующих строках снять галочки.

Кликнув на свободное поле окна рис. 3.21, закрыть список. В поле значений строки «Учет внешних условий» отображается шестнадцатеричный код, единичные значения битов 0...10 которого соответствуют отмеченным строкам списка рис. 3.22.

Далее необходимо ввести данные для коррекции параметров алгоритмов по внешним условиям. Для этого в окне рис. 3.21 требуется нажать на кнопку «Коррекция по внешним условиям». Открывается таблица параметров в соответствии с рис. 3.23.

Максимальная коррекция собственного времени включения выключателя по длительности безоперационного простоя, мс	3.00	
Постоянная времени коррекции собственного времени включения выключателя по длительности безоперационного простоя, час	32.0	
Максимальная коррекция собственного времени отключения выключателя по длительности безоперационного простоя, мс	0.40	
Постоянная времени коррекции собственного времени отключения выключателя по длительности безоперационного простоя, час	20.0	
	Точка 1 ( X ; Y )	Точка 2 ( X ; Y )
Коррекция собственного времени включения по напряжению питания соленоида	( 200 ; 1 )	( 240 ; -1 )
Коррекция собственного времени отключения по напряжению питания соленоида	( 200 ; 1 )	( 240 ; -1 )
Коррекция собственного времени включения по температуре окр. среды	( -20 ; 1 )	( 60 ; -1 )
Коррекция собственного времени отключения по температуре окр. среды	( -20 ; 1 )	( 60 ; -1 )
Коррекция собственного времени включения по температуре в шкафу привода	( -20 ; 1 )	( 60 ; -1 )
Коррекция собственного времени отключения по температуре в шкафу привода	( -20 ; 1 )	( 60 ; -1 )
Коррекция собственного времени включения по давлению в приводе	( 29 ; 1 )	( 33 ; -1 )
Коррекция собственного времени отключения по давлению в приводе	( 29 ; 1 )	( 33 ; -1 )

Рис. 3.23. Параметры коррекции собственных времен вкл./откл. по внешним условиям

Под «Максимальной коррекцией собственных времен включения/отключения выключателя по длительности безоперационного простоя» здесь понимаются стабилизированные значения компенсационных поправок к собственному времени включения/отключения выключателя  $\Delta t_{\text{стаб.вкл.}}$ ,  $\Delta t_{\text{стаб.откл.}}$  в мс (см. п. 2.6.3). Задаются также постоянные времени коррекции  $C_{\text{в}}/C_{\text{о}}$ , характеризующие продолжительность приближения параметра  $\Delta t_{\text{с.вкл.}}/\Delta t_{\text{с.откл.}}$  к значениям  $\Delta t_{\text{стаб.вкл.}}/\Delta t_{\text{стаб.откл.}}$  соответственно, час.

Настройка коррекции по остальным параметрам осуществляется по трем точкам (см. п. 2.6.3).

«Точка 1» – значения при минимальной величине данного параметра; значения X – минимальное напряжение питания электромагнитов ВКЛ./ОТКЛ., минимальная температура окружающей среды или в шкафу привода, минимальное давление в гидроприводе, Y – величина изменения собственного времени срабатывания в данной точке в мс относительно номинального значения;

«Точка 2» – значения при максимальной величине данного параметра; Значения X – максимальное напряжение питания электромагнитов ВКЛ./ОТКЛ., максимальная температура окружающей среды или в шкафу привода, максимальное давление в гидроприводе, Y – величина изменения собственного времени срабатывания в данной точке в мс относительно номинального значения.

В качестве третьей точки используются значения при номинальной величине данного параметра. В качестве номинального значения оперативного напряжения принято напряжение 220 В, в качестве номинальной температуры +25°С. Номинальное значение давления в гидроприводах полюсов указывается при конфигурировании устройства (см. рис. 3.20).

Значения корректирующих поправок для точек 1 и 2 рекомендуется вносить по результатам заводских и/или пусконаладочных испытаний.

Далее в окне рис. 3.21 необходимо указать, использовать или не использовать адаптивный алгоритм уточнения собственных времен включения и отключения полюсов выключателя по их фактическим значениям в последних операциях. При выборе опции «Да» в появляющейся строке «Коэффициент адаптации расчетных собственных времен включения и отключения по фактическим значениям» задать численное значение коэффициента в диапазоне от 0 до 1 (см. п. 2.6.4).

Кликнуть кнопку «Далее» в правой нижней части экрана рис. 3.21. В появляющемся окне «Уставки сигнализации» (рис. 3.24) задать или уточнить значения всех параметров, при превышении которых будет формироваться предупредительная и аварийная сигнализация.

После ввода уставок сигнализации необходимо нажать кнопку «Готово» в правой нижней части экрана. Вновь откроется экран «Модуль АВ-ТУК-85» (рис. 3.8), после чего необходимо нажать кнопку «Загрузить конфигурацию в модуль». Через несколько секунд на экране должно появиться сообщение «Файл конфигурации успешно загружен» (рис. 3.25). Нажать кнопку «Ок».

Уставки сигнализации		
	Уставка предупредительная	Уставка аварийная
Собственное время отключения, мс	35	40
Собственное время включения, мс	65	75
Интервал между срабатываниями блок-контактов при отключении, мс	30	35
Интервал между срабатываниями блок-контактов при включении, мс	60	70
Погрешность выполненной синхронной коммутации при отключении, мс	2	3
Погрешность выполненной синхронной коммутации при включении, мс	2	3
Время горения дуги в полюсе выключателя при отключении, мс	10	15
Время горения дуги в полюсе выключателя при включении, мс	10	15
Остаточный механический ресурс, %	10	5
Остаточный коммутационный ресурс, %	5	2
Ток в выключателе во время коммутации, А	3000	4000
Время рассинхронизации фаз выключателя, мс	10	15
Давление в гидроприводе, МПа	33	34

< Назад Готово

Рис. 3.24. Экран «Уставки сигнализации»

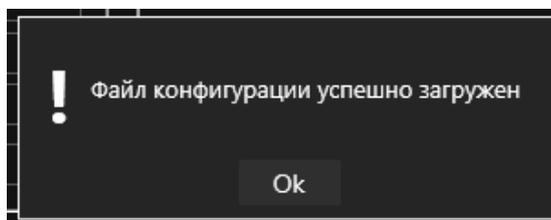


Рис. 3.25. Успешная передача файла конфигурации в модуль

Рекомендуется сохранить настроенную конфигурацию для восстановления ее в будущем при необходимости. Для этого в окне рис. 3.8 нажать клавишу «Записать конфигурацию в файл». В открывающемся окне (рис. 3.26) выбрать путь к папке на диске, куда будет записан файл конфигурации «8085\_date\_time.dat», и нажать клавишу «Сохранить».

Для восстановления ранее записанной конфигурации кликнуть клавишу «Прочитать конфигурацию из файла», выбрать путь и имя требуемого файла и кликнуть клавишу «Открыть».

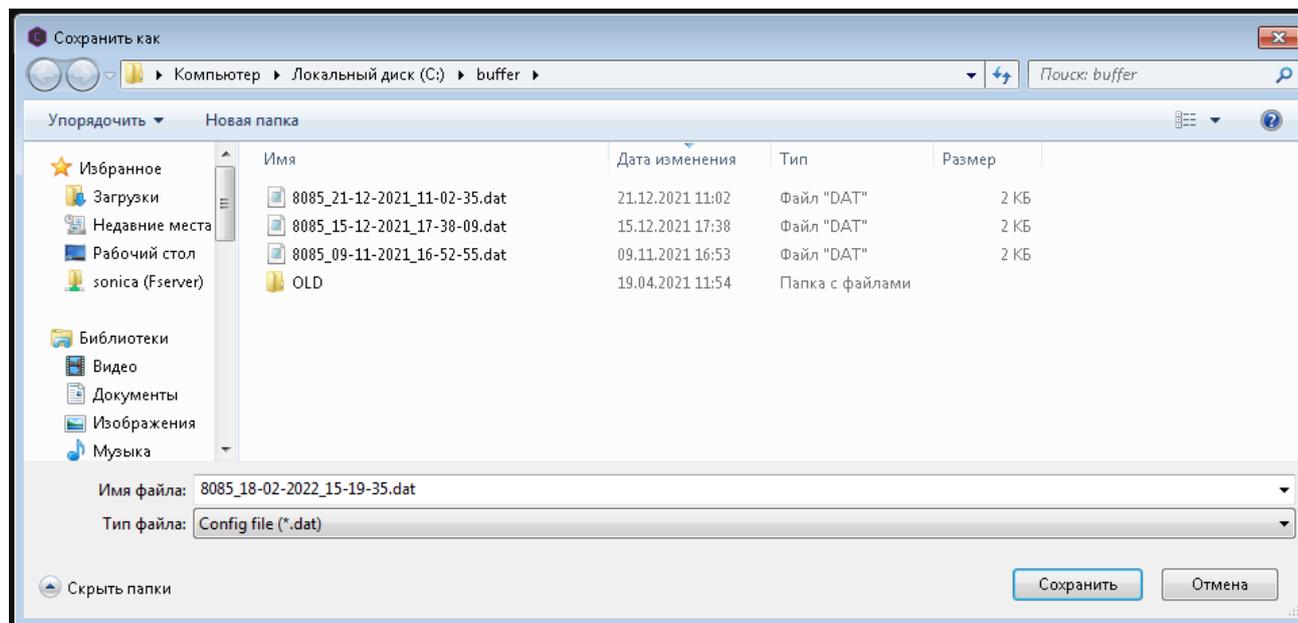


Рис. 3.26. Сохранение конфигурации на диск

В окне «Модуль АВ-ТУК-85» (рис. 3.8) нажать кнопку «Вернуться на экран конфигурирование», после чего откроется экран «Конфигурирование» (рис. 3.7).

### 3.2.4.5. Конфигурирование модуля АВ-ТУК-2135

Для конфигурирования модуля АВ-ТУК-2135 необходимо повторить действия по п. 3.2.4.4 до перехода к экрану «Конфигурирование» (рис. 3.7). Далее нажать клавишу «Конфигурирование» на изображении модуля АВ-ТУК-2135.

Открывается экран «Модуль АВ-ТУК-2135» (рис. 3.27), содержащий параметры настройки протокола передачи данных МЭК 60870-5-104, параметры модуля (типы установленных базовой и дополнительной плат модуля и способ синхронизации времени).

Нажать кнопку «Базовая плата». Открывается окно конфигурационных параметров «Плата 2100» (рис. 3.28). В появившемся окне необходимо проверить и, при необходимости, исправить значения параметров входных аналоговых сигналов постоянного тока.

В соответствии с типами выходных сигналов датчиков, подключаемых к устройству АВМ-СК, должны быть установлены следующие значения конфигурационных параметров:

- Тип входа: мА / В;
- Минимальное значение диапазона;
- Максимальное значение диапазона;
- Минимальное значение измеряемого параметра в инженерных единицах;
- Максимальное значение измеряемого параметра в инженерных единицах.

Конфигурация протокола передачи данных МЭК 60870-5-104	
Адрес базовой станции	205
Интервал циклического опроса, сек.	5
Тайм-аут T1, сек.	15
Тайм-аут T2, сек.	10
Тайм-аут T3, сек.	20
Макс. кол-во неподтв. сообщений	12
Макс. кол-во сообщений, после которых необх. выдать подтверждение	8

Параметры модуля	
Тип базовой платы	21
Тип дополнительной платы	35
Тип синхронизации времени от модуля	0x2

Базовая плата      Мезонинная плата

Вернуться на экран конфигурирование      Загрузить конфигурацию в модуль

Рис. 3.27. Экран «Модуль АВ-ТУК-2135»

Для выполнения предупредительной и аварийной сигнализации по параметрам, контролируемым модулем АВ-ТУК-2135, необходимо дополнительно проверить или исправить значения уставок сигнализации:

- Аварийная уставка по минимальному значению;
- Предупредительная уставка по минимальному значению;
- Предупредительная уставка по максимальному значению;
- Аварийная уставка по максимальному значению.

Остальные значения конфигурационных параметров входных аналоговых сигналов постоянного тока можно не изменять.

После проверки или ввода конфигурационных параметров необходимо закрыть окно, нажав кнопку «X» в правом верхнем углу окна. Вновь откроется экран «Модуль АВ-ТУК-2135» (рис. 3.27).

Далее необходимо перейти к конфигурированию дополнительной платы, нажав клавишу «Мезонинная плата». Открывается окно конфигурационных параметров «Плата 0035» (рис. 3.29). В появившемся окне необходимо проверить и, при необходимости, исправить значения параметров выходных релейных сигналов. Для формирования устройством АВМ-СК заявленных релейных сигналов (см. п. 3.3.8.2) значения конфигурационных параметров можно не изменять.

После проверки или ввода конфигурационных параметров необходимо закрыть окно, нажав кнопку «X» в правом верхнем углу окна. Вновь откроется экран «Модуль 2135» (рис. 3.27), после чего необходимо нажать кнопку «Загрузить конфигурацию в модуль». Через несколько секунд на экране должно появиться сообщение «Файл конфигурации передан в модуль успешно».

Плата 2100								
№	1	2	3	4	5	6	7	8
Тип входа	В	не использ.						
Минимальное значение диапазона	0	4	4	4	4	4	4	4
Максимальное значение диапазона	5	20	20	20	20	20	20	20
Минимальное значение сигнала в инженерных единицах	0	40	-80	-80	-80	0	0	0
Максимальное значение сигнала в инженерных единицах	325.75	120	80	80	80	64	64	64
Аварийная уставка по минимальному значению	140	-60	-60	-60	-60	28	28	28
Предупредительная уставка по минимальному значению	150	-50	-50	-50	-50	30	30	30
Предупредительная уставка по максимальному значению	250	45	60	60	50	33	33	33
Аварийная уставка по максимальному значению	260	50	70	70	60	34	34	34
Признаки источника запуска осциллограмм	0x0	0x0	0x0	0x0	0x0	0x0	0x0	0x0

Задержка начала фиксации максимумов, мс	0
Пороговое значение, при превышении которого начинается запись осциллограмм, %	5
Пороговое значение, при превышении которого между замерами фильтр не работает, %	16
Степень фильтрации (0...255) 0 – фильтрация отсутствует	10
Гистерезис для уставок (процент от диапазона), %	2

Рис. 3.28. Экран «Плата 2100»

Мезонинная плата

**Плата 0035**

Тип WatchDog	-
Номер выхода для WD	-
Время ожидания перед срабатываем WD, сек.	0
Ширина короткого импульса	50
Ширина длинного импульса	50

Рис. 3.29. Экран «Плата 0035»

В окне «Модуль 2135» (рис. 3.27) нажать кнопку «Вернуться в конфигурирование», после чего откроется экран «Конфигурирование» (рис. 3.7).

### 3.2.4.6. Конфигурирование модуля АВ-ТУК-12

Конфигурирование модуля АВ-ТУК-12 (загрузка в память модуля конфигурационного проекта АВМ-СК и файлов конфигураций по умолчанию для модулей АВ-ТУК-85 и АВ-ТУК-2135) осуществляется на предприятии изготовителя до отгрузки устройства АВМ-СК заказчику. При замене по гарантии вышедшего из строя модуля АВ-ТУК-12 конфигурирование также осуществляется представителями предприятия-изготовителя.

Загрузку новой версии проекта, его редактирование и сохранение, изменение настроек подключения, системного времени и ряд других операций, включая обновление ПО, можно осуществлять с помощью программы Sonica Admin («Панель управления»), входящей в комплект поставки АВМ-СК. Работа с этой программой описана в документе «SCADA Соника. Панель управления. Руководство пользователя».

### 3.2.4.7. Задание начальных значений ресурсных параметров

Перед вводом устройства АВМ-СК в работу может потребоваться ввести начальные значения ресурсных параметров выключателя, например, в случае установки устройства АВМ-СК на уже эксплуатирующийся выключатель.

Для ввода начальных значений ресурсных параметров необходимо на главном экране конфигурационного проекта АВМ-СК (рис. 3.5) нажать кнопку «Ресурс», после чего в открывшемся окне с данными о параметрах ресурса выключателя (рис. 3.30) нажать кнопку «Ввод начальных значений».

В появившемся окне, показанном на рис. 3.6, ввести пароль доступа к конфигурированию (*тройной пробел*) и нажать клавишу «ОК» в окне ввода пароля.

В открывшемся окне (рис. 3.31) необходимо задать начальные значения следующих параметров:

- количество выполненных операций отключения выключателя для фаз А, В и С;
- количество выполненных операций включения выключателя для фаз А, В и С;
- начальное значение электрического износа выключателя для фаз А, В и С;
- дату и время последней коммутации выключателя для фаз А, В и С.

После ввода указанных выше конфигурационных параметров необходимо нажать кнопку «Применить», после чего вновь откроется экран «Ресурс» (рис. 3.30).

	● фаза А	● фаза В	● фаза С
Текущее количество операций отключения полюса	130.0	130.0	130.0
Текущее количество операций включения полюса	130.0	130.0	130.0
Остаточный механический ресурс полюса, %	99.4	99.4	99.4
Текущий электрический износ полюса, %	4.3	4.3	4.3
Остаточный коммутационный ресурс, %	95.7	95.7	95.7

Ввод начальных значений

Рис. 3.30. Экран «Ресурс»

Ввод начальных значений

	● фаза А	● фаза В	● фаза С
Количество выполненных операций отключения	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Количество выполненных операций включения	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Начальный электрический износ, %	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Дата и время последней коммутации	ГГГГ	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	ММ	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	ДД	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	час : мин	<input type="text"/> : <input type="text"/>	<input type="text"/> : <input type="text"/>

Применить

Рис. 3.31. Экран «Ввод начальных значений»

### 3.2.5. Проверка работы устройства совместно с выключателем

#### 3.2.5.1. Условия испытаний

Проверка правильности работы устройства, смонтированного в составе выключателя, производится в схеме и по программе испытаний, согласованной со стороны завода-изготовителя высоковольтного выключателя.

Допускается проверку работы устройства АВМ-СК совмещать с заводскими испытаниями вновь изготовленного выключателя.

### 3.2.5.2. Порядок проведения испытаний

При испытаниях должно выполняться не менее трех операций включения и отключения высоковольтного выключателя. По осциллограммам, записанным устройством АВМ-СК, проверяется:

- правильность и соответствие заданному алгоритму формирования исполнительных команд на соленоиды включения/отключения;
- правильность отображения состояний блок-контактов выключателя;
- правильность формирования сигналов контроля целостности цепей катушек соленоидов.

Извлечение осциллограмм из памяти АВМ-СК и их визуализация осуществляются в соответствии с указаниями п. 3.3.2 настоящего руководства по эксплуатации.

### 3.2.6. Ввод устройства в эксплуатацию

#### 3.2.6.1. Уточнение конфигурации на объекте эксплуатации устройства

После установки на объекте эксплуатации выключателя, в состав которого входит устройство АВМ-СК, может потребоваться корректировка ряда параметров, установленных при конфигурировании устройства на заводе-изготовителе выключателя, в том числе:

- сетевой адрес устройства, если оно включено в локальную сеть АСУ ТП подстанции;
- номинальные значения первичного и вторичного тока измерительных трансформаторов тока;
- обозначение (номер) выключателя на оперативной схеме подстанции;
- наличие и параметры датчиков, подключенных к устройству;
- фактические значения механического и электрического ресурса (износа) выключателя;
- вид коммутируемой выключателем нагрузки.

При задании режима свободного конфигурирования устройства должны быть заданы желаемые задержки моментов замыкания и размыкания главных контактов трех полюсов выключателя относительно моментов перехода через ноль напряжения фазы А в положительном направлении, согласованные с персоналом подстанции и представителем завода-изготовителя выключателя.

Изменение конфигурационных параметров осуществляется в соответствии с указаниями п. 3.2.4 настоящего руководства по эксплуатации.

**ВНИМАНИЕ!**

Ввод устройства в работу на объекте эксплуатации оформляется актом. При необходимости переконфигурирования изделия на объекте эксплуатации необходимо занести данные обновленной конфигурации в акт, форма акта находится в комплекте сопроводительной документации устройства. Акт подписывается лицом, производившим ввод устройства в эксплуатацию, представителем предприятия-изготовителя высоковольтного выключателя и заказчиком – представителем энергопредприятия.

### 3.2.6.2. Проверка отображения состояния выключателя

При отключенном состоянии высоковольтного выключателя по информации, отображаемой в главном окне клиентского программного обеспечения SonicaClient на сервисном ПК, проверяется правильность отображения следующих параметров (см. п. 3.3.1 настоящего руководства):

- отключенное состояние выключателя;
- замкнутое состояние блок - контактов «Полюс разомкнут» всех полюсов выключателя;
- разомкнутое состояние блок - контактов «Полюс замкнут» всех полюсов выключателя;
- исправное состояние цепей соленоидов включения и отключения;
- отсутствие информации о неисправностях или недостоверном состоянии выключателя.

### 3.2.6.3. Опробование работы устройства

Правильность работы устройства АВМ-СК при коммутационных операциях проверяется одновременно с опробованием выключателя по программе испытаний, согласованной в установленном порядке с оперативной службой энергопредприятия. Проверка осуществляется аналогично п.3.2.5.2 настоящего руководства по эксплуатации.

### 3.3. Использование изделия

Устройство АВМ-СК при эксплуатации выполняет весь набор требуемых функций и алгоритмов без дополнительного участия обслуживающего персонала.

Тем не менее, в процессе использования изделия, персоналу, выполняющему эксплуатацию и обслуживание высоковольтного выключателя с установленным АВМ-СК, становятся доступны дополнительные возможности:

- контроль текущих показаний устройства АВМ-СК;
- просмотр журнала переключений и осциллограмм, записанных в АВМ-СК;
- просмотр журнала событий;
- контроль диагностической информации устройства АВМ-СК;
- изменение настроек подключения к устройству.

Все перечисленные возможности доступны при подключении к устройству АВМ-СК с помощью клиентского программного обеспечения SonicaClient, запущенного на сервисном ПК или с рабочего места системы верхнего уровня.

#### 3.3.1. Контроль текущих показаний устройства

На главном экране (рис. 3.5) отображаются текущие параметры выключателя.

Если к устройству подключены сигналы трансформаторов тока и при конфигурировании указано, что токи используются (см. рис. 3.10), в левом верхнем углу экрана можно увидеть токи в полюсах выключателя в Амперах (рис. 3.32).

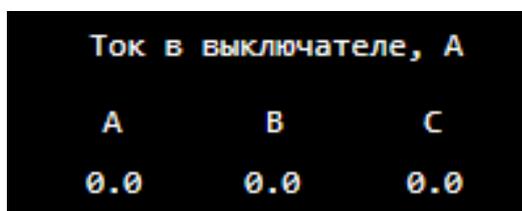


Рис. 3.32. Токи фаз А, В, С выключателя

В правом верхнем углу главного экране (рис. 3.5) отображаются текущие параметры напряжения в системе во всех фазах: на шинах и, если соответствующие сигналы подключены к устройству, на стороне нагрузки (рис. 3.33). Также указано текущее время безоперационного простоя для каждого полюса в часах и минутах.

Напряжение, кВ	А	В	С
на шинах	133.0	133.6	137.3
на нагрузке	0.0	0.0	0.0
Время безоперационного простоя, час:мин			
	16:23	16:23	16:23

Рис. 3.33. Напряжения в системе и время безоперационного простоя выключателя

В центре главного экрана (рис. 3.5) отображаются текущая схема 3-х фазной сети, состояние выключателя (Включен/Отключен) и связь с устройством синхронной коммутации (рис. 3.34).

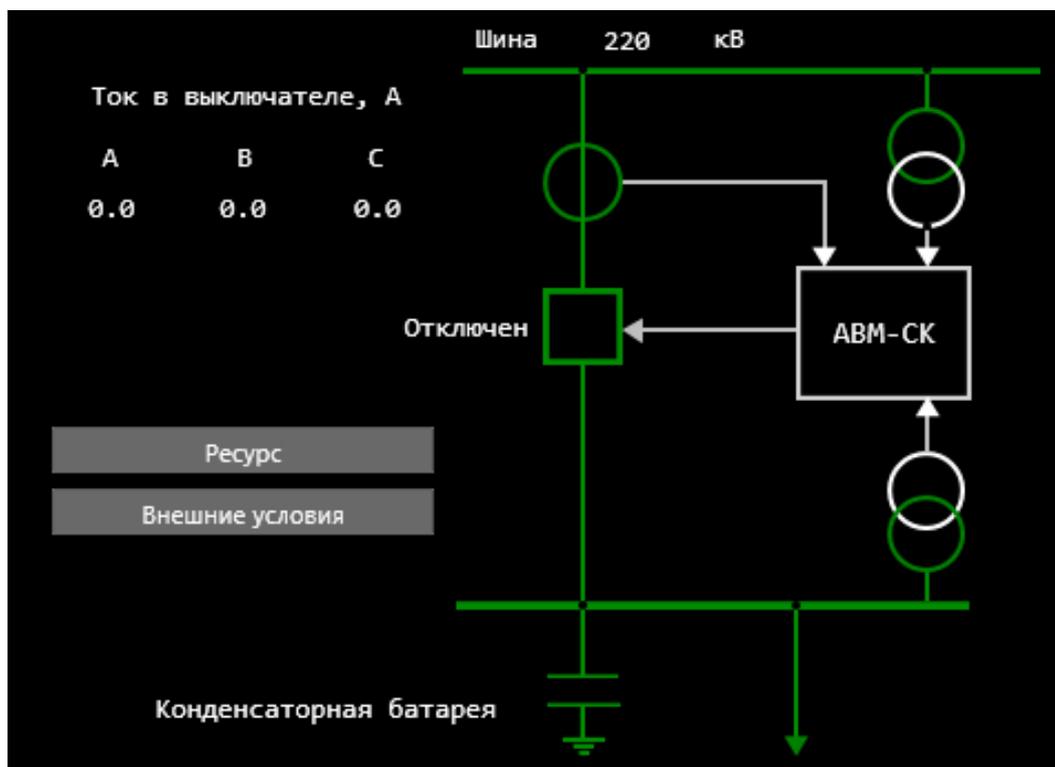


Рис. 3.34. Схема работы устройства в 3-х фазной сети и состояние выключателя

Ниже на главном экране отображается состояние блок-контактов и полюсов выключателя в целом (рис. 3.35).

	СОСТОЯНИЕ ВЫКЛЮЧАТЕЛЯ	СОСТОЯНИЕ БЛОК КОНТАКТА "ПОЛЮС ЗАМКНУТ"	СОСТОЯНИЕ БЛОК КОНТАКТА "ПОЛЮС РАЗОМКНУТ"
Фаза А	Отключен	Разомкнут	Замкнут
Фаза В	Отключен	Разомкнут	Замкнут
Фаза С	Отключен	Разомкнут	Замкнут

Рис. 3.35. Состояние 3-х фаз выключателя и блок-контактов

Состояние электромагнитов (соленоидов) отключения и включения выключателя можно увидеть в левом нижнем углу главного экрана (рис. 3.36)

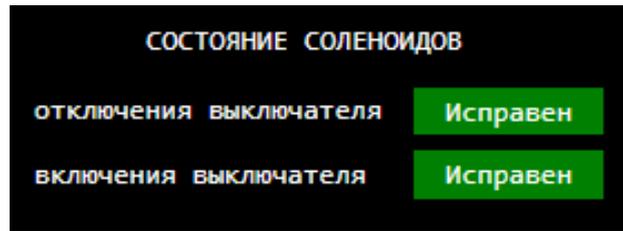


Рис. 3.36. Состояние электромагнитов (соленоидов) отключения и включения выключателя

В правом нижнем углу экрана отображается готовность прибора к работе, предупредительная и аварийная сигнализации по контролируемому выключателю (рис. 3.37).

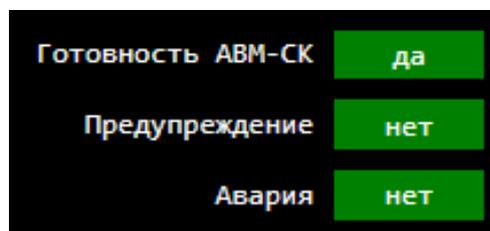


Рис. 3.37. Готовность прибора к работе, предупредительная и аварийная сигнализации

При нажатии клавиши «Ресурс» в главном окне можно просмотреть значения ресурсных параметров (см. рис. 3.30), при нажатии клавиши «Внешние условия» – значения измеряемых параметров внешней среды (рис. 3.38).



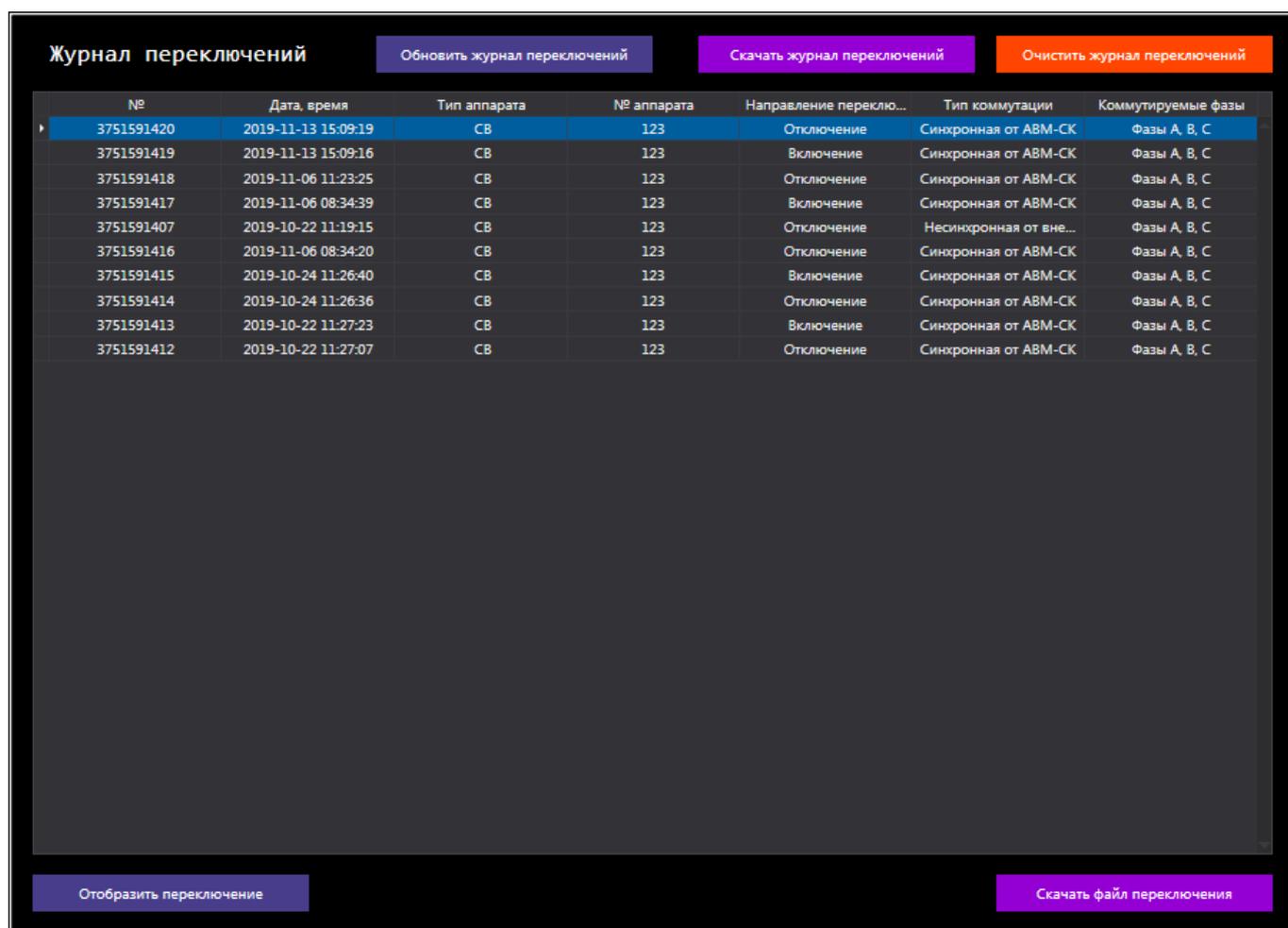
Рис. 3.38. Отображение параметров внешней среды

Для неподключенных датчиков в соответствующих полях отображается признак недостоверности (звездочки на синем фоне).

### 3.3.2. Просмотр журнала переключений и осциллограмм

При нажатии кнопки «Журнал переключений» в верхней части главного экрана (рис. 3.5) отображается журнал переключений с информацией по каждой коммутационной операции (рис. 3.39).

Загрузка файла переключения из модуля АВ-ТУК-85 в ЦКУ (модуль АВ-ТУК-12) занимает некоторое время. Если окно рис. 3.39 открыть сразу после завершения коммутации, информация о последней операции в списке может отсутствовать. В этом случае следует нажать клавишу «Обновить журнал переключений» в верхней части этого окна.



№	Дата, время	Тип аппарата	№ аппарата	Направление переключ...	Тип коммутации	Коммутируемые фазы
3751591420	2019-11-13 15:09:19	СВ	123	Отключение	Синхронная от АВМ-СК	Фазы А, В, С
3751591419	2019-11-13 15:09:16	СВ	123	Включение	Синхронная от АВМ-СК	Фазы А, В, С
3751591418	2019-11-06 11:23:25	СВ	123	Отключение	Синхронная от АВМ-СК	Фазы А, В, С
3751591417	2019-11-06 08:34:39	СВ	123	Включение	Синхронная от АВМ-СК	Фазы А, В, С
3751591407	2019-10-22 11:19:15	СВ	123	Отключение	Несинхронная от вне...	Фазы А, В, С
3751591416	2019-11-06 08:34:20	СВ	123	Отключение	Синхронная от АВМ-СК	Фазы А, В, С
3751591415	2019-10-24 11:26:40	СВ	123	Включение	Синхронная от АВМ-СК	Фазы А, В, С
3751591414	2019-10-24 11:26:36	СВ	123	Отключение	Синхронная от АВМ-СК	Фазы А, В, С
3751591413	2019-10-22 11:27:23	СВ	123	Включение	Синхронная от АВМ-СК	Фазы А, В, С
3751591412	2019-10-22 11:27:07	СВ	123	Отключение	Синхронная от АВМ-СК	Фазы А, В, С

Рис. 3.39. Экран «Журнал переключений»

При работе с журналом переключений пользователь имеет возможность отслеживать историю работы выключателя, обновлять (кнопка «Обновить журнал переключений») и скачивать (кнопка «Скачать журнал переключений»).

Для отображения результатов любой операции из списка необходимо: выбрать строку с этой операцией и нажать кнопку «Отобразить переключение». В этом случае на экране отобразится информация по данной коммутации с указанием параметров (рис. 3.40).

№ Переключения	Дата, время	Тип аппарата	№ Аппарата	Направление переключения	Тип коммутации	Коммутируемые фазы	
3751592286	2022-02-18 11:19:55	СВ	1234	Включение	Синхронная от АВМ-СК	Фазы А, В, С	
Напряжение оперативного постоянного тока, В					223.6		
Температура окружающей среды, °С					20.0		
					● фаза А	● фаза В	● фаза С
Действующее значение тока при коммутации, А					357.4	375.2	377.2
Действующее значение напряжения при коммутации, кВ					134.3	134.8	137.7
Собственное время коммутации, мс					60.62	60.06	60.38
Полное время коммутации, мс					61.33	60.14	60.06
Интервал между срабатываниями блок-контактов, мс					45.32	44.93	45.17
Время горения дуги, мс					0.00	0.00	0.32
Время безоперационного простоя к моменту коммутации, час:мин					39:52	39:52	39:52
Значение погрешности синхронной коммутации, мс					0.63	0.08	0.41
Температура в шкафу привода, °С					- - -	- - -	- - -
Давление в гидроприводе, МПа					- - -	- - -	- - -
						Назад	

Рис. 3.40. Информация по коммутационной операции из журнала переключений

В этом окне отображаются общие параметры:

- условный номер переключения (во внутренней кодировке модуля 8500);
- дата и время операции в формате «гг-мм-дд час:мин:сек»;
- тип аппарата СВ – выключатель (Circuit Breaker),
- номер аппарата на оперативной схеме,
- направление переключения (включение/отключение),
- тип коммутации (синхронная/несинхронная, от АВМ-СК или непосредственно по внешней команде (напрямую от РЗА),
- участвующие в операции полюса,
- -напряжение оперативного постоянного тока в момент коммутации,
- температура окружающей среды,

а также для каждого полюса:

- действующее значение тока в полюсе, если он измеряется (в конце операции при включении или в начале операции при отключении),
- действующее напряжение полюса на шинах,
- собственное время коммутации (от момента подачи команды на соленоид до момента замыкания/размыкания главного контакта, с учетом запаздывания срабатывания блок-контактов),
- полное время коммутации (от момента подачи команды на соленоид до момента появления/прекращения тока) – если ток контролируется,

- интервал между срабатыванием блок-контактов замкнутого и разомкнутого состояний полюса,
- время горения дуги – если ток контролируется,
- время безоперационного простоя полюса к моменту коммутации,
- значение погрешности синхронной коммутации, определяемое как разность между фактически полученной и теоретически вычисленной в соответствии с заданным алгоритмом задержкой момента замыкания/размыкания главного контакта относительно момента перехода через ноль фазного напряжения полюса А,
- температура в шкафу привода полюса (если измеряется),
- давление в гидроприводе полюса (если применимо и измеряется).

Для закрытия окна рис.3.40 следует нажать кнопку «Назад» в правом нижнем углу окна.

Для последующего анализа результатов и просмотра осциллограммы события (коммутации) необходимо скачать файл данного события, нажав кнопку «Скачать файл переключения» в правом нижнем углу экрана «Журнал переключений» (рис. 3.39). В этом случае пользователю будет предложено сохранить файл на жесткий диск компьютера или переносной съемный диск (рис. 3.41).

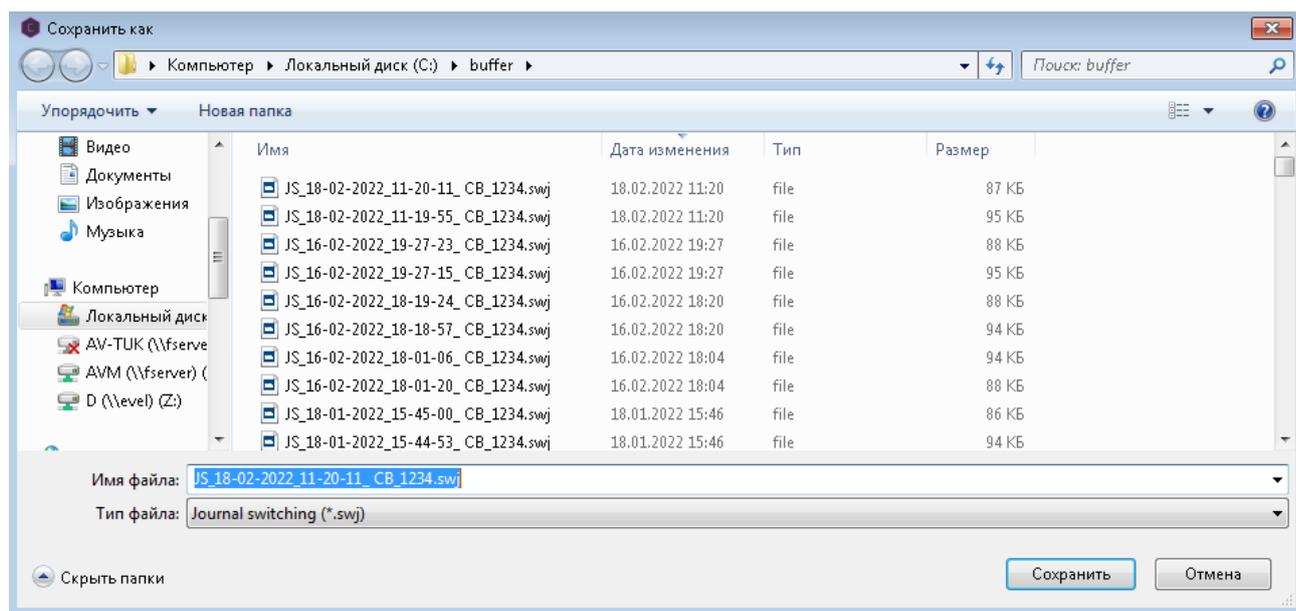


Рис. 3.41. Сохранение файла коммутационной операции из журнала переключений

Предлагаемое имя файла с расширением .swj содержит дату и время операции и обозначение выключателя, указанное при конфигурировании устройства. Следует выбрать путь к папке, куда будут помещаться файлы переключений, и нажать кнопку «Сохранить».

Можно также сохранить все имеющиеся файлы переключений, если ранее это не было сделано. Для этого следует нажать клавишу «Скачать журнал переключений» в верхней части окна рис. 3.39 и в открывающемся окне указать путь к папке для сохранения файлов переключений.

Для последующего анализа результатов и просмотра осциллограммы переключения необходимо открыть сохраненный файл с помощью программы AVM-Service версии 2.4.0 или старше (установочный файл программы входит в стандартное ПО к устройству АВМ-СК). Для этого в верхней части главного окна программы (рис. 3.42) следует выбрать опцию «Автономная работа» и кликнуть клавишу «Загрузка журнала переключений». Во всплывающем окне указать путь к требуемому файлу и кликнуть клавишу «Открыть».

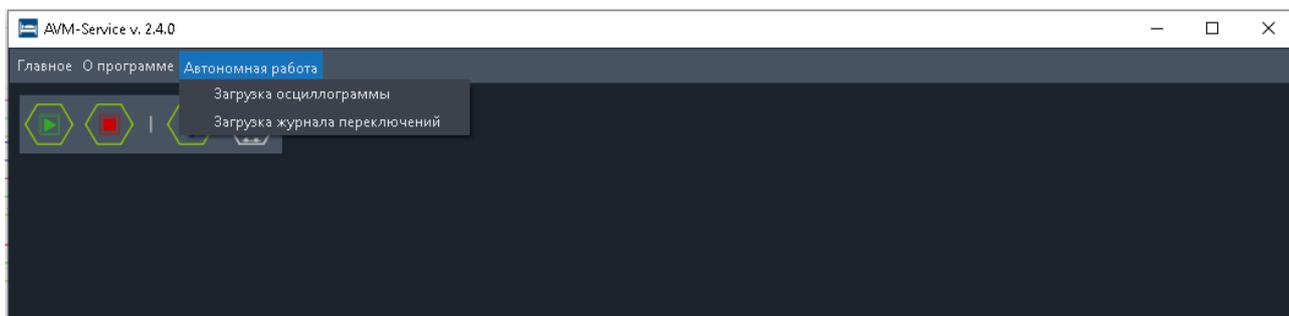


Рис. 3.42. Главное окно программы AVM-Service

Открывается окно вида рис. 3.43, в котором отображается та же информация о результатах переключения, что и в окне рис. 3.40.

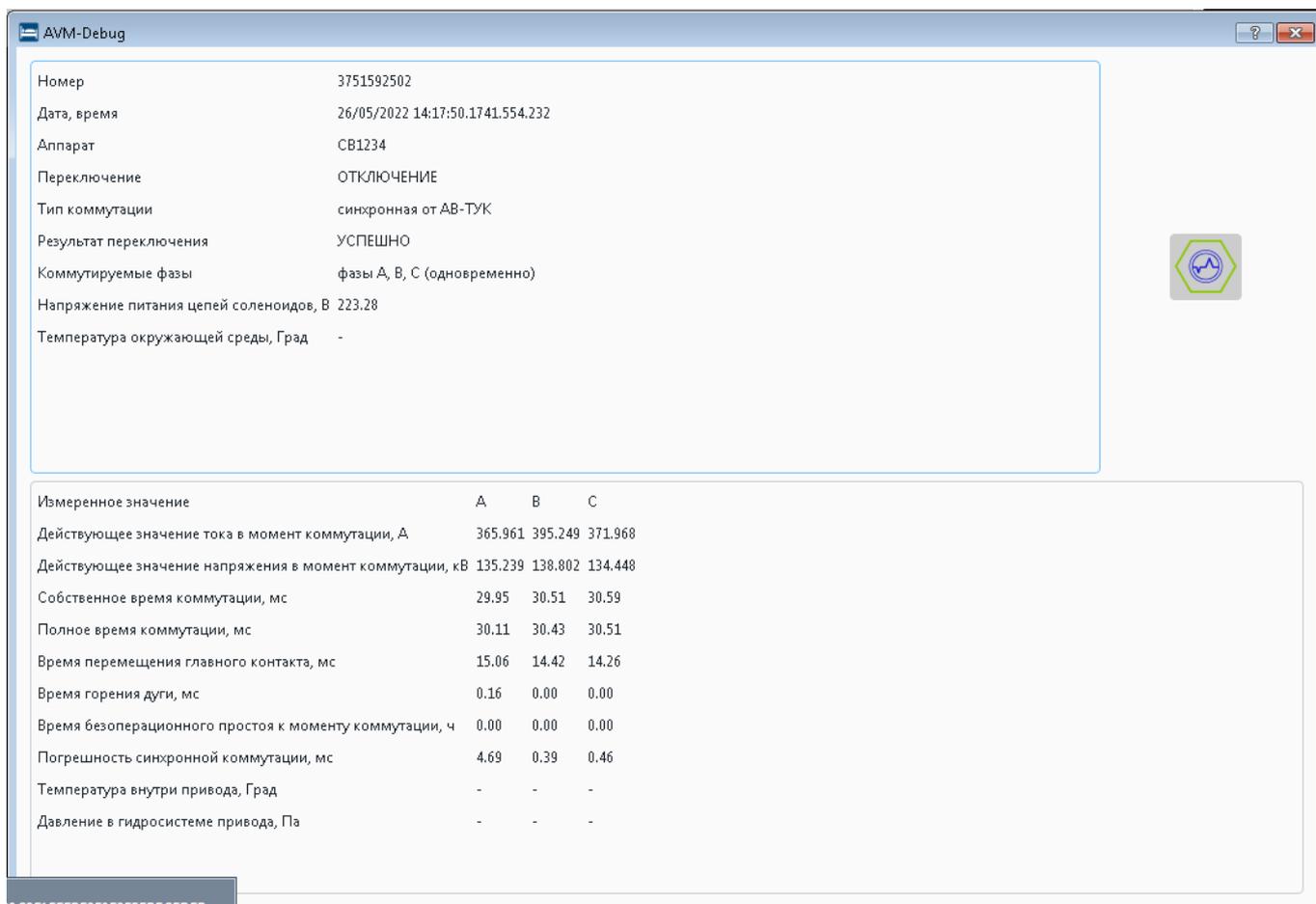


Рис. 3.43. Открытие файла коммутационной операции из журнала переключений

Кликнув в правой верхней части окна рис. 3.43 пиктограмму , пользователь сможет увидеть осциллограмму выбранной коммутационной операции. Для примера на рис. 3.44 показана осциллограмма синхронного включения шунтирующего реактора.

Осциллограмма содержит два поля, в верхнем из которых отображаются дискретные сигналы, в нижнем – аналоговые. Набор отображаемых сигналов можно менять, устанавливая или снимая «галочки» у условных обозначений сигналов в левой части осциллограммы.

Условные обозначения дискретных сигналов (снизу вверх):

- OCNA(B,C) – первичный (внешний) сигнал на включение полюса A(B,C);
- OCFA(B,C) – первичный (внешний) сигнал на отключение полюса A(B,C);
- BKCA(B,C) – состояние блок-контакта «полюс замкнут» полюса A(B,C);
- BKOA(B,C) – состояние блок-контакта «полюс разомкнут» полюса A(B,C);
- CSC – сигнал контроля исправности соленоидов включения (1 – исправны);
- CSO – сигнал контроля исправности соленоидов отключения (1 – исправны);
- CNA(B,C) – исполнительная команда на соленоид включения полюса A(B,C);
- CFA(B,C) – исполнительная команда на соленоид отключения полюса A(B,C).

Всего в верхнем поле могут отображаться до 14 сигналов. При необходимости отображения дополнительно каких-либо из отключенных сигналов может понадобиться отключить часть отображаемых сигналов; например, на осциллограмме процесса включения рис.3.44 отключено отображение команд отключения OCFA(B,C).

В поле аналоговых сигналов отображаются:

- USA(B,C) – напряжения фаз A, B, C до выключателя,
- IA(B,C) – токи в полюсах выключателя,
- ULA(B,C) – напряжения фаз A, B, C на стороне нагрузки (после выключателя).

Цветовая разметка сигналов, относящихся к трем полюсам: полюс A – желтый, B – зеленый, C – красный, общие (сигналы контроля целостности соленоидов) – синий.

Для сигналов напряжения и тока предусмотрены разные масштабы. Для них имеются отдельные шкалы в левой части поля.

Масштабы по вертикали и горизонтали можно изменять. Для этого следует кликнуть левой кнопкой мыши, наведя курсор на соответствующую ось (ось подсвечивается синим цветом), и сжимать/растягивать изображение по данной оси относительно точки, в которой расположен курсор, вращая колесо мыши в ту или иную сторону. Изменение масштаба по горизонтали полезно для точного определения момента события при измерении по осциллограмме временных интервалов между событиями.

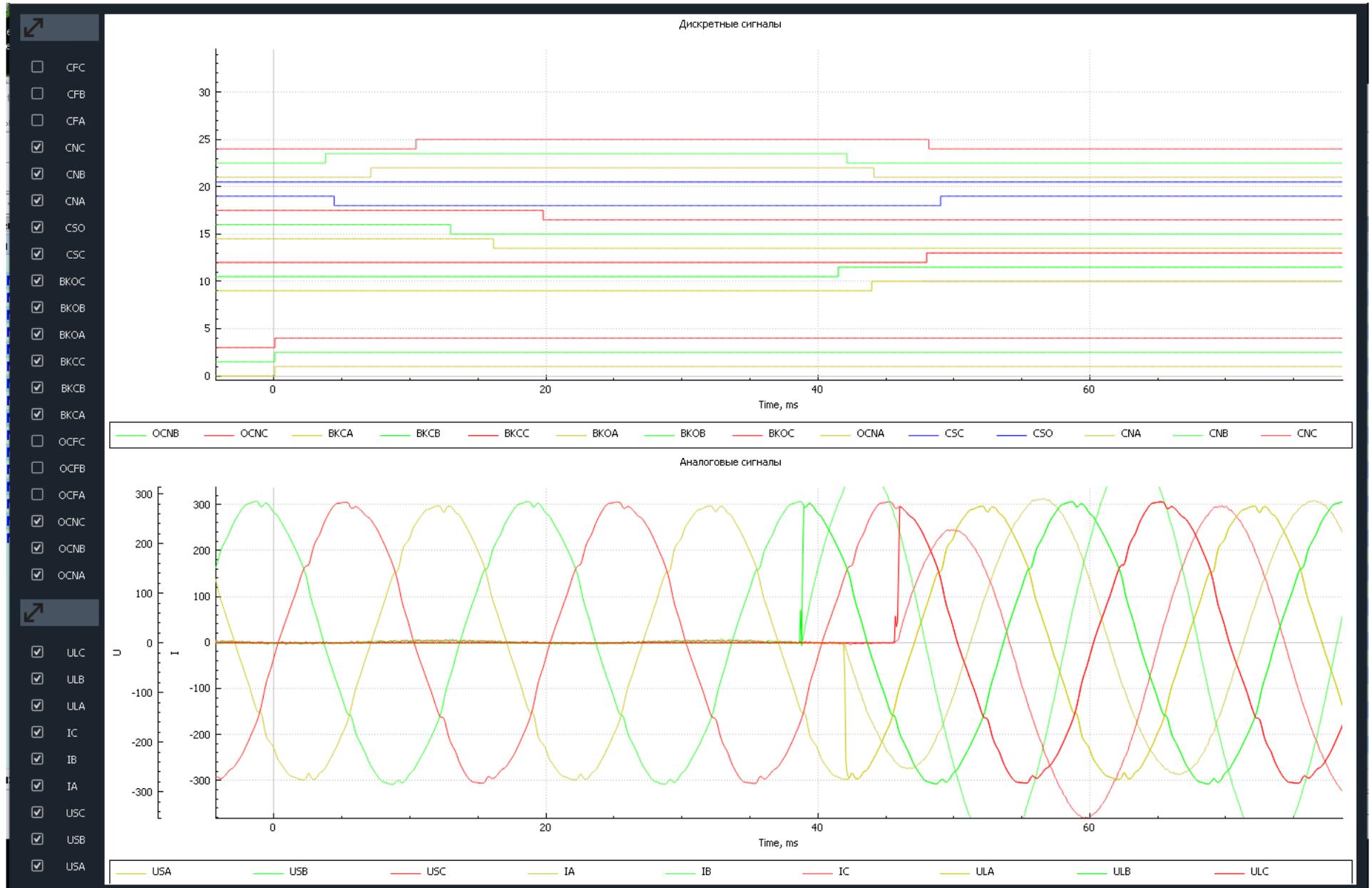
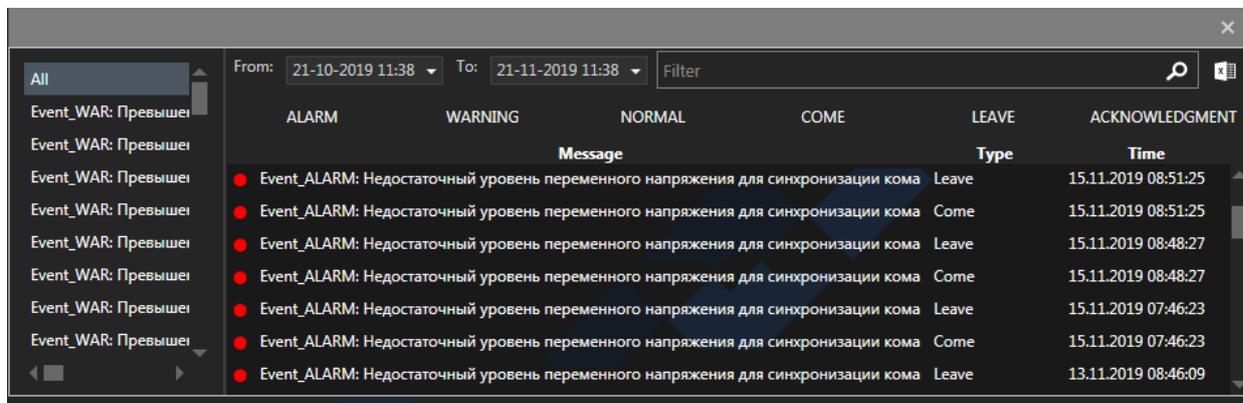


Рис. 3.44. Осциллограмма коммутационной операции из журнала переключений

### 3.3.3. Просмотр журнала событий

Для просмотра журнала событий в нижней части главного экрана рис. 3.5 нажать кнопку «События». На экран выводятся записи о статусе и состоянии устройства АВМ–СК, сетей и выключателя (рис. 3.45).



From:	To:	Filter			
21-10-2019 11:38	21-11-2019 11:38				
ALARM	WARNING	NORMAL	COME	LEAVE	ACKNOWLEDGMENT
Message	Type	Time			
Event_ALARM: Недостаточный уровень переменного напряжения для синхронизации кома	Leave	15.11.2019 08:51:25			
Event_ALARM: Недостаточный уровень переменного напряжения для синхронизации кома	Come	15.11.2019 08:51:25			
Event_ALARM: Недостаточный уровень переменного напряжения для синхронизации кома	Leave	15.11.2019 08:48:27			
Event_ALARM: Недостаточный уровень переменного напряжения для синхронизации кома	Come	15.11.2019 08:48:27			
Event_ALARM: Недостаточный уровень переменного напряжения для синхронизации кома	Leave	15.11.2019 07:46:23			
Event_ALARM: Недостаточный уровень переменного напряжения для синхронизации кома	Come	15.11.2019 07:46:23			
Event_ALARM: Недостаточный уровень переменного напряжения для синхронизации кома	Leave	13.11.2019 08:46:09			

Рис. 3.45. Журнал событий

При нажатии кнопки History можно увидеть весь журнал событий с привязкой к датам.

### 3.3.4. Самодиагностика устройства

Контроль сигналов самодиагностики устройства по данным Health модулей АВ-ТУК-2135 и АВ-ТУК-85, а также контроль диагностической информации по устройству пользователь может видеть на экране «Конфигурирование» (рис. 3.7). Соответственно цветовая индикация показывает об исправности всех модулей устройства АВМ-СК (зеленая – исправен / красная – неисправен).

Для вывода дополнительной информации диагностического состояния и параметров модулей АВ-ТУК-2135 и АВ-ТУК-85 необходимо нажать кнопку **i** на схеме. В открывшемся окне появится данная информация (рис. 3.46 и рис. 3.47).

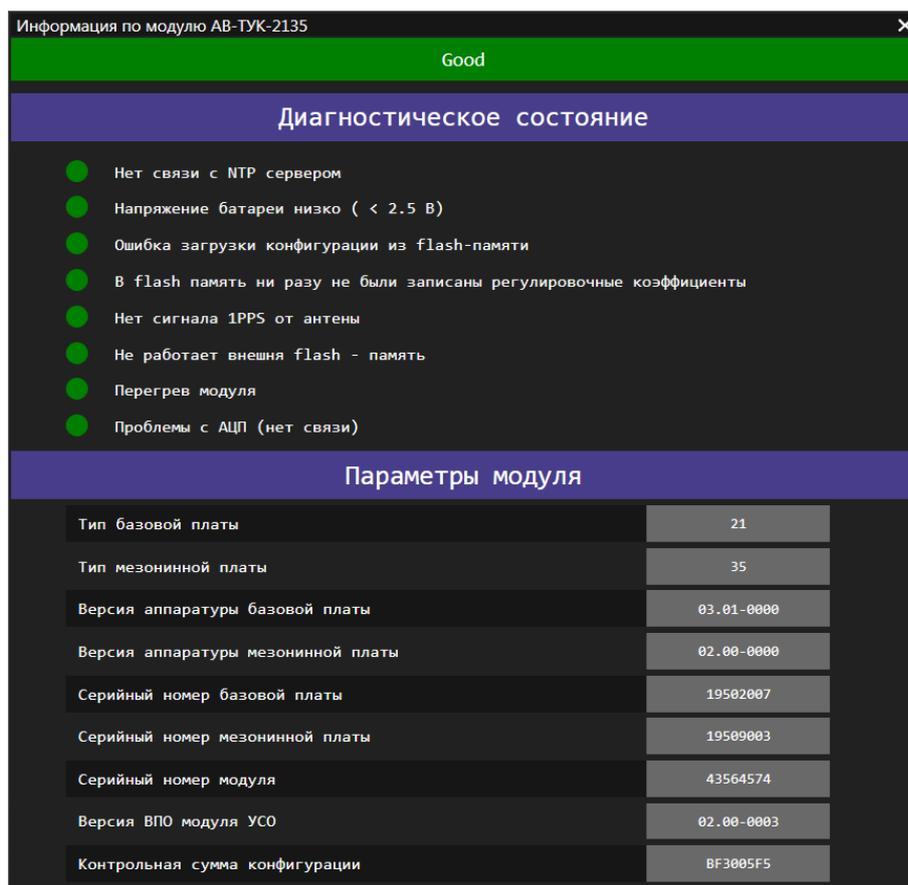


Рис. 3.46. Экран «Информация по модулю АВ-ТУК-2135»

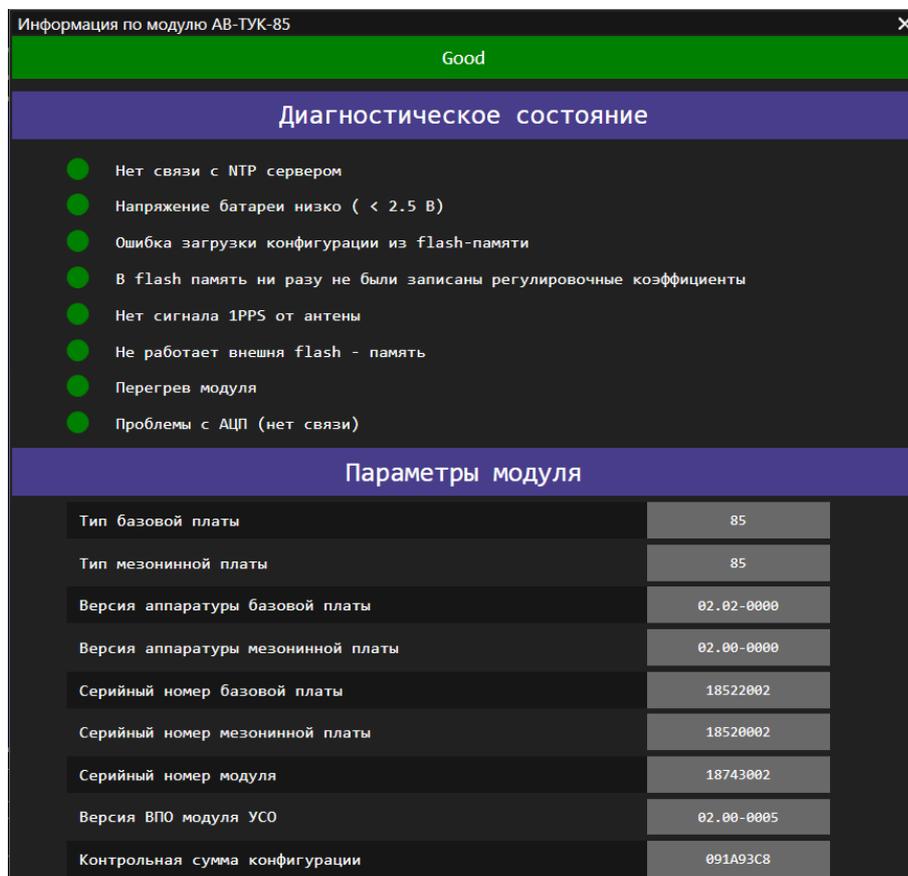


Рис. 3.47. Экран «Информация по модулю АВ-ТУК-85»

### 3.3.5. Изменение настроек подключения к устройству

Работы по изменению настроек подключения к устройству проводить в соответствии с документом «SCADA Соника. Панель управления. Руководство пользователя», раздел «Сетевые интерфейсы устройства».

### 3.3.6. Обновление конфигурационного файла проекта модуля АВ-ТУК-12

Работы по обновлению конфигурационного файла проекта модуля АВ-ТУК-12 проводить в соответствии с документом «SCADA Соника. Панель управления. Руководство пользователя», раздел «Заливка GACK-файла на устройство».

### 3.3.7. Установка/коррекция системного времени

Время в функциональных модулях системы АВ-ТУК синхронизируется по протоколу SNTP с временем ЦКУ АВ-ТУК-12. Последнее можно установить или откорректировать с помощью программы Sonica Admin. Выполнение этой операции описано в разделе «Системное время» документа «SCADA Соника. Панель управления. Руководство пользователя».

### 3.3.8. Контроль функционирования изделия

Для контроля функционирования устройства АВМ-СК предусмотрены следующие возможности:

- светодиодная индикация на модулях, входящих в состав контроллера АВ-ТУК-05.001;
- релейные выходы модуля АВ-ТУК-2135;
- диагностическая информация, передаваемая в систему верхнего уровня или на подключаемый сервисный ПК.

#### 3.3.8.1. Светодиодная индикация

На лицевой панели модулей, установленных в контроллере АВ-ТУК-05.001, расположены светодиодные индикаторы, по состоянию которых можно контролировать режим функционирования модулей.

Наименование модуля	Индикатор и его состояние		Функционирование модуля
АВ-ТУК-91	«Питание»	Горит постоянно	Модуль исправен
		Не горит	Неисправность светодиода или модуля
АВ-ТУК-12	«Питание»	Горит постоянно	Модуль исправен
		Не горит	1. Отсутствие питания модуля; 2. При горящем светодиоде «Питание» на модуле АВ-ТУК-91 – неисправность светодиода или модуля
	«Режим»	Мигает с частотой 1 раз в секунду	Модуль исправен
		Мигает с частотой 2 раза за 5 секунд	Предупредительная сигнализация по состоянию модуля. Возможные причины: нет сигнала синхронизации времени; нет связи с NTP-сервером; низкое напряжение батарейки модуля
		Мигает с частотой 4 раза в секунду	Аварийная сигнализация по состоянию модуля. Возможные причины: перегрев модуля
		Не горит	1. Отсутствие питания; 2. При горящем светодиоде «Питание» на модуле АВ-ТУК-12 – неисправность светодиода или модуля
	«Сеть А»	Мигает с нефиксированной частотой	Есть связь с системой верхнего уровня или сервисным ПК
		Горит постоянно	Ошибка связи с системой верхнего уровня или сервисным ПК
		Не горит	1. Отсутствие питания; 2. Отсутствие связи с системой верхнего уровня или сервисным ПК 3. При горящем светодиоде «Питание» на модуле АВ-ТУК-12 и наличии связи с системой верхнего уровня или сервисным ПК – неисправность светодиода или модуля
	«Сеть В»	Мигает с нефиксированной частотой	Есть связь с модулями ввода-вывода, установленными в контроллере
		Горит постоянно	Ошибка связи с модулями ввода-вывода, установленными в контроллере
		Не горит	1. Отсутствие питания; 2. Отсутствие связи с модулями ввода-вывода, установленными в контроллере 3. При горящем светодиоде «Питание» на модуле АВ-ТУК-12 и наличии связи с модулями ввода-вывода, установленными в контроллере – неисправность светодиода или модуля
АВ-ТУК-2135	«Сеть»	Мигает с нефиксированной частотой	Есть связь с модулем АВ-ТУК-12
		Горит постоянно	Ошибка связи с модулем АВ-ТУК-12
		Не горит	1. Отсутствие питания; 2. Отсутствие связи с модулем АВ-ТУК-12 3. При мигающем 1 раз в секунду светодиоде «Режим» на модуле АВ-ТУК-2135 и наличии связи с модулем АВ-ТУК-12 – неисправность светодиода или модуля

Наименование модуля	Индикатор и его состояние		Функционирование модуля
	«Режим»	Мигает с частотой 1 раз в секунду	Модуль исправен
		Мигает с частотой 2 раза за 5 секунд	Предупредительная сигнализация по состоянию модуля. Возможные причины: нет сигнала синхронизации времени; нет связи с NTP-сервером; во flash-память модуля не были записаны регулировочные коэффициенты; ошибка загрузки конфигурации из flash-памяти; низкое напряжение батарейки модуля
		Мигает с частотой 4 раза в секунду	Аварийная сигнализация по состоянию модуля. Возможные причины: не работает flash-память модуля; неисправность АЦП модуля; перегрев модуля
		Не горит	1. Отсутствие питания; 2. При горящем светодиоде «Питание» на модуле АВ-ТУК-12 – неисправность светодиода или модуля
АВ-ТУК-85	«Сеть»	Мигает с нефиксированной частотой	Есть связь с модулем АВ-ТУК-12
		Горит постоянно	Ошибка связи с модулем АВ-ТУК-12
		Не горит	1. Отсутствие питания; 2. Отсутствие связи с модулем АВ-ТУК-12 3. При мигающем 1 раз в секунду светодиоде «Режим» на модуле АВ-ТУК-85 и наличии связи с модулем АВ-ТУК-12 – неисправность светодиода или модуля
	«Режим»	Мигает с частотой 1 раз в секунду	Модуль исправен
		Мигает с частотой 2 раза за 5 секунд	Предупредительная сигнализация по состоянию модуля. Возможные причины: нет сигнала синхронизации времени; нет связи с NTP-сервером; во flash-память модуля не были записаны регулировочные коэффициенты; ошибка загрузки конфигурации из flash-памяти; низкое напряжение батарейки модуля
		Мигает с частотой 4 раза в секунду	Аварийная сигнализация по состоянию модуля. Возможные причины: не работает flash-память модуля; неисправность АЦП модуля; перегрев модуля
		Не горит	1. Отсутствие питания; 2. При горящем светодиоде «Питание» на модуле АВ-ТУК-12 – неисправность светодиода или модуля

Для определения конкретной неисправности по состоянию светодиодных индикаторов необходимо воспользоваться п. 3.3.9 настоящего руководства по эксплуатации.

### 3.3.8.2. Релейные выходы

Устройство АВМ-СК обеспечивает выдачу следующих релейных сигналов, формируемых модулем АВ-ТУК-2135:

- «Готовность АВМ-СК к синхронной коммутации». Выдается на реле №1 при отсутствии событий сигнализации. Состояние отображается на светодиодном индикаторе «1» на лицевой панели модуля АВ-ТУК-2135;

События сигнализации (при их отсутствии устройство АВМ-СК готово к работе):

Недостаточный уровень переменного напряжения для синхронизации команд включения ф.А

Авария модуля АВ-ТУК-85

Нет связи с модулем АВ-ТУК-85

Авария модуля АВ-ТУК-2135

Нет связи с модулем АВ-ТУК-2135

АВМ-СК исключен из управления

- «АВМ-СК в работе» (исправность АВМ-СК). Выдается на реле №4 при отсутствии событий сигнализации. Состояние отображается на светодиодном индикаторе «1» на лицевой панели модуля АВ-ТУК-2135. Сигнал может быть использован для организации аппаратного вывода устройства АВМ-СК из работы с помощью переключателя SA1 (см. схему внешних подключений АВМ-СК, приведенную в Приложении 2);

События сигнализации (при их отсутствии устройство АВМ-СК в работе):

Недостаточный уровень переменного напряжения для синхронизации команд включения ф.А

Авария модуля АВ-ТУК-85

Нет связи с модулем АВ-ТУК-85

Авария модуля АВ-ТУК-2135

Нет связи с модулем АВ-ТУК-2135

АВМ-СК исключен из управления

- «Предупредительная сигнализация по выключателю». Выдается на реле №2 при появлении любого события предупредительной сигнализации по выключателю. Состояние отображается на светодиодном индикаторе «2» на лицевой панели модуля АВ-ТУК-2135. Снимается при квитировании событий предупредительной сигнализации по выключателю;

События для срабатывания предупредительной сигнализации по выключателю:

Превышена предупредительная уставка собственного времени отключения полюса ф.А;

Превышена предупредительная уставка собственного времени отключения полюса ф.В;

Превышена предупредительная уставка собственного времени отключения полюса ф.С;

Превышена предупредительная уставка собственного времени включения полюса ф.А;

Превышена предупредительная уставка собственного времени включения полюса ф.В;

Превышена предупредительная уставка собственного времени включения полюса ф.С;

Превышена предупредительная уставка времени между срабатываниями блок-контактов при отключении полюса ф.А выключателя

Превышена предупредительная уставка времени между срабатываниями блок-контактов при отключении полюса ф.В выключателя

Превышена предупредительная уставка времени между срабатываниями блок-контактов при отключении полюса ф.С выключателя

Превышена предупредительная уставка времени между срабатываниями блок-контактов при включении полюса ф. А выключателя

Превышена предупредительная уставка времени между срабатываниями блок-контактов при включении полюса ф.В выключателя

- Превышена предупредительная уставка времени между срабатываниями блок-контактов при включении полюса ф.С выключателя
- Превышена предупредительная уставка времени рассинхронизации ф.А выключателя;
- Превышена предупредительная уставка времени рассинхронизации ф.В выключателя;
- Превышена предупредительная уставка времени рассинхронизации ф.С выключателя;
- Превышена предупредительная уставка времени горения дуги в полюсе выключателя при включении ф.А
- Превышена предупредительная уставка времени горения дуги в полюсе выключателя при включении ф.В
- Превышена предупредительная уставка времени горения дуги в полюсе выключателя при включении ф.С
- Превышена предупредительная уставка времени горения дуги в полюсе выключателя при отключении ф.А
- Превышена предупредительная уставка времени горения дуги в полюсе выключателя при отключении ф.В
- Превышена предупредительная уставка времени горения дуги в полюсе выключателя при отключении ф.С
- Остаточный механический ресурс ниже предупредительной уставки для ф.А;
- Остаточный механический ресурс ниже предупредительной уставки для ф.В;
- Остаточный механический ресурс ниже предупредительной уставки для ф.С;
- Остаточный коммутационный ресурс ниже предупредительной уставки для ф.А;
- Остаточный коммутационный ресурс ниже предупредительной уставки для ф.В;
- Остаточный коммутационный ресурс ниже предупредительной уставки для ф.С;
- Превышена предупредительная уставка тока в выключателе ф.А при выполнении коммутации;
- Превышена предупредительная уставка тока в выключателе ф.В при выполнении коммутации;
- Превышена предупредительная уставка тока в выключателе ф.С при выполнении коммутации;
- Команда на коммутацию ф.А, не соответствующая состоянию полюса выключателя;
- Команда на коммутацию ф.В, не соответствующая состоянию полюса выключателя;
- Команда на коммутацию ф.С, не соответствующая состоянию полюса выключателя;
- Достигнута предупредительная нижняя уставка напряжения постоянного тока
- Достигнута предупредительная верхняя уставка напряжения постоянного тока
- Температура внутри привода полюса ф.А выключателя выше предупредительной уставки;
- Температура внутри привода полюса ф.В выключателя выше предупредительной уставки;
- Температура внутри привода полюса ф.С выключателя выше предупредительной уставки;
- Температура внутри привода полюса ф.А выключателя ниже предупредительной уставки;
- Температура внутри привода полюса ф.В выключателя ниже предупредительной уставки;
- Температура внутри привода полюса ф.С выключателя ниже предупредительной уставки;
- Давление в гидросистеме привода полюса ф.А выключателя выше предупредительной уставки;
- Давление в гидросистеме привода полюса ф.В выключателя выше предупредительной уставки;
- Давление в гидросистеме привода полюса ф.С выключателя выше предупредительной уставки;
- Температура окружающей среды выше предупредительной уставки;
- Температура окружающей среды ниже предупредительной уставки;
- «Аварийная сигнализация по выключателю». Выдается на реле №3 при появлении любого события аварийной сигнализации по выключателю. Состояние отображается на светодиодном индикаторе «3» на лицевой панели модуля АВ-ТУК-2135. Снимается при пропадании события аварийной сигнализации по выключателю.
- События для срабатывания аварийной сигнализации:
- Недостовверное состояние блок-контактов ф.А выключателя;
- Неисправное состояние блок-контактов ф.А выключателя;
- Недостовверное состояние блок-контактов ф.В выключателя;

Неисправное состояние блок-контактов ф.В выключателя;  
Недостовверное состояние блок-контактов ф.С выключателя;  
Неисправное состояние блок-контактов ф.С выключателя;  
Недостовверность блок-контактов выключателя;  
Неисправность блок-контактов выключателя;  
Превышена аварийная уставка собственного времени отключения полюса ф.А;  
Превышена аварийная уставка собственного времени отключения полюса ф.В;  
Превышена аварийная уставка собственного времени отключения полюса ф.С;  
Превышена аварийная уставка собственного времени включения полюса ф.А;  
Превышена аварийная уставка собственного времени включения полюса ф.В;  
Превышена аварийная уставка собственного времени включения полюса ф.С;  
Превышена аварийная уставка времени между срабатываниями блок-контактов при отключении полюса ф.А выключателя  
Превышена аварийная уставка времени между срабатываниями блок-контактов при отключении полюса ф.В выключателя  
Превышена аварийная уставка времени между срабатываниями блок-контактов при отключении полюса ф.С выключателя  
Превышена аварийная уставка времени между срабатываниями блок-контактов при включении полюса ф. А выключателя  
Превышена аварийная уставка времени между срабатываниями блок-контактов при включении полюса ф.В выключателя  
Превышена аварийная уставка времени между срабатываниями блок-контактов при включении полюса ф.С выключателя  
Превышена аварийная уставка времени рассинхронизации ф.А выключателя;  
Превышена аварийная уставка времени рассинхронизации ф.В выключателя;  
Превышена аварийная уставка времени рассинхронизации ф.С выключателя;  
Превышена аварийная уставка времени горения дуги в полюсе выключателя при включении ф.А  
Превышена аварийная уставка времени горения дуги в полюсе выключателя при включении ф.В  
Превышена аварийная уставка времени горения дуги в полюсе выключателя при включении ф.С  
Превышена аварийная уставка времени горения дуги в полюсе выключателя при отключении ф.А  
Превышена аварийная уставка времени горения дуги в полюсе выключателя при отключении ф.В  
Превышена аварийная уставка времени горения дуги в полюсе выключателя при отключении ф.С  
Остаточный механический ресурс ниже аварийной уставки для ф.А;  
Остаточный механический ресурс ниже аварийной уставки для ф.В;  
Остаточный механический ресурс ниже аварийной уставки для ф.С;  
Остаточный коммутационный ресурс ниже аварийной уставки для ф.А;  
Остаточный коммутационный ресурс ниже аварийной уставки для ф.В;  
Остаточный коммутационный ресурс ниже аварийной уставки для ф.С;  
Превышена аварийная уставка тока в выключателе ф.А при выполнении коммутации;  
Превышена аварийная уставка тока в выключателе ф.В при выполнении коммутации;  
Превышена аварийная уставка тока в выключателе ф.С при выполнении коммутации;  
Неисправность соленоидов выключателя;  
Достигнута аварийная нижняя уставка напряжения постоянного тока  
Достигнута аварийная верхняя уставка напряжения постоянного тока  
Температура внутри привода полюса ф.А выключателя выше аварийной уставки;  
Температура внутри привода полюса ф.В выключателя выше аварийной уставки;  
Температура внутри привода полюса ф.С выключателя выше аварийной уставки;  
Температура внутри привода полюса ф.А выключателя ниже аварийной уставки;  
Температура внутри привода полюса ф.В выключателя ниже аварийной уставки;  
Температура внутри привода полюса ф.С выключателя ниже аварийной уставки;  
Давление в гидросистеме привода полюса ф.А выключателя выше аварийной уставки;  
Давление в гидросистеме привода полюса ф.В выключателя выше аварийной уставки;

- Давление в гидросистеме привода полюса ф.С выключателя выше аварийной уставки;
- Температура окружающей среды выше аварийной уставки;
- Температура окружающей среды ниже аварийной уставки;

События недостоверности состояния или неисправности полюсов (фаз) и выключателя в целом фиксируются по следующим комбинациям состояний блок-контактов полюсов выключателя в безоперационном интервале:

- Недостоверное состояние блок-контактов фазы (полюса) выключателя – если оба блок контакта замкнутого и разомкнутого состояния полюса разомкнуты (возможен обрыв связи или неисправность канала дискретного ввода);
- Неисправное состояние блок-контактов фазы (полюса) выключателя – если оба блок контакта замкнутого и разомкнутого состояния полюса замкнуты (возможна неисправность одного из блок-контактов полюса);
- Недостоверность блок-контактов выключателя – при недостоверном состоянии блок-контактов хотя бы одного полюса;
- Неисправность блок-контактов выключателя – при неисправном состоянии блок-контактов хотя бы одного полюса;
- Неисправность выключателя - если состояние трех полюсов не совпадает (два полюса включены, один отключен или наоборот).

Для определения конкретной неисправности по состоянию релейных выходов необходимо воспользоваться п. 3.3.9 настоящего руководства по эксплуатации.

### 3.3.8.3. Информационный обмен с системой верхнего уровня

Контроль функционирования устройства АВМ-СК производится по информации, передаваемой в систему верхнего уровня или сервисный ПК. Для этого необходимо:

- по экрану монитора рабочего места системы верхнего уровня или экрану сервисного ПК проверить отображение контролируемых параметров и наличие предупредительных сообщений;
- в случае наличия сообщений выявить причину неисправности и выполнить действия по ее устранению в соответствии с п.3.3.9 настоящего руководства по эксплуатации;
- если причина не может быть диагностирована и устранена, для дальнейших разъяснений необходимо связаться с производителем устройства АВМ-СК.

### 3.3.9. Возможные неисправности устройства и способы их устранения

#### 1. Не включается питание устройства

##### Способ диагностики неисправности

Отсутствие светодиодной индикации «Питание» на модулях АВ-ТУК-91 и АВ-ТУК-12, а также отсутствие светодиодной индикации «Режим» на модулях АВ-ТУК-12, АВ-ТУК-2135 и АВ-ТУК-85 контроллера АВ-ТУК-05.001.

##### Возможная причина

Не подключен кабель или не подано напряжение питания ~230 В, 50 Гц на составные части устройства АВМ-СК.

##### Действия по устранению

Проверить подключение кабеля питания к шкафу управления или шкафу привода высоковольтного выключателя; проверить правильность выполнения подключения цепей питания к контроллеру АВ-ТУК-05.001; проверить включенное состояние автоматического выключателя, посредством которого подается питание на контроллер АВ-ТУК-05.001; проверить наличие на контактах L,N разъема XS1 контроллера АВ-ТУК-05.001 напряжения питания ~230 В, 50 Гц.

##### Возможная причина

Неисправен модуль АВ-ТУК-91.

##### Действия по устранению

Заменить модуль АВ-ТУК-91. Инструкция по замене неисправного модуля АВ-ТУК-91 приведена в п. 5.3 настоящего руководства по эксплуатации.

#### 2. Отсутствует связь между АВМ-СК и системой верхнего уровня или сервисным ПК

##### Способ диагностики неисправности

Сообщение «Не удалось установить связь с устройством» на экране рабочего места системы верхнего уровня или экране сервисного ПК.

##### Возможная причина

Ethernet-кабель не подключен к разъему X2 «EthA» на лицевой панели модуля АВ-ТУК-12 или Ethernet-кабель неисправен.

##### Действия по устранению

Проверить подключение кабеля, при необходимости – заменить кабель.

##### Возможная причина

Неправильно выбран IP-адрес устройства при подключении со стороны системы верхнего уровня или сервисного ПК.

##### Действия по устранению

Проверить и при необходимости исправить IP-адрес.

##### Возможная причина

Неисправен Ethernet-порт внешней связи (разъема X2 «EthA») модуля АВ-ТУК-12.

##### Действия по устранению

Заменить модуль АВ-ТУК-12. Инструкция по замене неисправного модуля АВ-ТУК-12 приведена в п. 5.3 настоящего руководства по эксплуатации.

### 3. Нет связи модуля АВ-ТУК-12 с модулями АВ-ТУК-85 и АВ-ТУК-2135

#### Способ диагностики неисправности

Диагностические сообщения на экране рабочего места системы верхнего уровня или экране сервисного ПК.

#### Возможная причина

Неисправен внутренний Ethernet-канал модуля АВ-ТУК-12.

#### Действия по устранению

Заменить модуль АВ-ТУК-12. Инструкция по замене неисправного модуля АВ-ТУК-12 приведена в п. 5.3 настоящего руководства по эксплуатации.

#### Возможная причина

Неисправен Ethernet-канал внутренней шины контроллера АВ-ТУК-05.001, расположенный на плате коммутатора ЛВС АВ-ТУК-72.

#### Действия по устранению

Заменить плату АВ-ТУК-72. Для замены неисправной платы АВ-ТУК-72 необходимо обратиться к предприятию-изготовителю АВМ-СК.

### 4. Нет связи модуля АВ-ТУК-12 с модулем АВ-ТУК-85

#### Способ диагностики неисправности

Диагностическое сообщение на экране рабочего места системы верхнего уровня или экране сервисного ПК.

#### Возможная причина

Неисправен Ethernet-порт модуля АВ-ТУК-85.

#### Действия по устранению

Заменить модуль АВ-ТУК-85. Инструкция по замене неисправного модуля АВ-ТУК-85 приведена в п. 5.3 настоящего руководства по эксплуатации.

### 5. Нет связи модуля АВ-ТУК-12 с модулем АВ-ТУК-2135

#### Способ диагностики неисправности

Диагностическое сообщение на экране рабочего места системы верхнего уровня или экране сервисного ПК.

#### Возможная причина

Неисправен Ethernet-порт модуля АВ-ТУК-2135.

#### Действия по устранению

Заменить модуль АВ-ТУК-2135. Инструкция по замене неисправного модуля АВ-ТУК-2135 приведена в п. 5.3 настоящего руководства по эксплуатации.

### 6. Ошибка чтения дискретных сигналов

#### Способ диагностики неисправности

Нулевые значения всех дискретных сигналов или недостоверность состояний всех фаз выключателя по информации, отображающейся на экране рабочего места системы верхнего уровня или экране сервисного ПК.

**Возможная причина**

Не подключен кабель или не подано напряжение оперативного постоянного тока =220В на составные части устройства АВМ-СК.

**Действия по устранению**

Проверить подключение кабеля питания к шкафу управления или шкафу привода высоковольтного выключателя; проверить правильность выполнения подключения цепей питания оперативного постоянного тока к модулям АВ-ТУК-41; проверить включенное состояние автоматического выключателя, посредством которого подается питание оперативного постоянного тока на модули АВ-ТУК-41; проверить наличие на контактах 1,14 разъемов XS12 и XS15 модулей АВ-ТУК-41 напряжения питания =220 В.

**Возможная причина**

Нарушение проводных соединений между разъемами контроллера АВ-ТУК-05.001 и разъемами модулей АВ-ТУК-41.

**Действия по устранению**

Проверить правильность выполнения проводных соединений по схеме внешних подключений устройства АВМ-СК (АВМР.421417.044 Э5); проверить надежность подключения проводных соединений между модулем АВ-ТУК-85 и модулями АВ-ТУК-41.

**Возможная причина**

Неисправность одного или обоих модулей АВ-ТУК-41.

**Действия по устранению**

Заменить неисправные модули АВ-ТУК-41. Инструкция по замене неисправного модуля АВ-ТУК-41 приведена в п. 5.3 настоящего руководства по эксплуатации.

**Возможная причина**

Неисправность модуля АВ-ТУК-85.

**Действия по устранению**

Заменить модуль АВ-ТУК-85. Инструкция по замене неисправного модуля АВ-ТУК-85 приведена в п. 5.3 настоящего руководства по эксплуатации.

**7. Отсутствие измерений переменных напряжений на стороне источника при наличии высокого напряжения на выключателе****Способ диагностики неисправности**

Нулевые значения напряжений всех фаз 1-й группы по информации, отображающейся на экране рабочего места системы верхнего уровня или экране сервисного ПК.

**Возможная причина**

Нарушение подключения цепей измерительных ТН к устройству АВМ-СК.

**Действия по устранению**

Проверить правильность выполнения проводных соединений по схеме внешних подключений устройства АВМ-СК (АВМР.421417.044 Э5); проверить надежность подключения проводных соединений к модулю АВ-ТУК-85; проверить наличие напряжения на вторичной стороне ТН.

**Возможная причина**

Неисправность модуля АВ-ТУК-85.

**Действия по устранению**

Заменить модуль АВ-ТУК-85. Инструкция по замене неисправного модуля АВ-ТУК-85 приведена в п. 5.3 настоящего руководства по эксплуатации.

**8. Недостоверные измерения напряжения оперативного тока****Способ диагностики неисправности**

Недостоверное значение сигнала по информации, отображающейся на экране рабочего места системы верхнего уровня или экране сервисного ПК.

**Возможная причина**

Неисправен измерительный преобразователь соответствующего модуля АВ-ТУК-41.

**Действия по устранению**

Заменить неисправный модуль АВ-ТУК-41. Инструкция по замене неисправного модуля АВ-ТУК-41 приведена в п. 5.3 настоящего руководства по эксплуатации.

**9. Недостоверные измерения аналоговых сигналов, измеряемых модулем АВ-ТУК-2135****Способ диагностики неисправности**

Недостоверное значение сигнала по информации, отображающейся на экране рабочего места системы верхнего уровня или экране сервисного ПК.

**Возможная причина**

Не подключен или неисправен соответствующий датчик.

**Действия по устранению**

Проверить правильность выполнения проводных соединений по схеме внешних подключений устройства АВМ-СК (АВМР.421417.044 Э5); проверить надежность подключения проводных соединений к модулю АВ-ТУК-2135; проверить конфигурирование соответствующего канала в модуле АВ-ТУК-2135; проверить исправность датчика и при необходимости заменить его.

**Возможная причина**

Неисправность модуля АВ-ТУК-2135.

**Действия по устранению**

Заменить модуль АВ-ТУК-2135. Инструкция по замене неисправного модуля АВ-ТУК-2135 приведена в п. 5.3 настоящего руководства по эксплуатации.

**10. Неисправность цепи соленоидов включения****Способ диагностики неисправности**

Индикация неисправности по информации, отображающейся на экране рабочего места системы верхнего уровня или экране сервисного ПК.

**Возможная причина**

Нарушена целостность цепи или обрыв катушки одного из соленоидов включения трех полюсов высоковольтного выключателя.

**Действия по устранению**

Проверить прозвонкой целостность цепей и исправность катушек, при необходимости заменить соленоид.

**Возможная причина**

Неисправность узла контроля соленоидов в соответствующем модуле АВ-ТУК-41.

**Действия по устранению**

Заменить неисправный модуль АВ-ТУК-41. Инструкция по замене неисправного модуля АВ-ТУК-41 приведена в п. 5.3 настоящего руководства по эксплуатации.

**11. Неисправность цепи соленоидов отключения****Способ диагностики неисправности**

Индикация неисправности по информации, отображающейся на экране рабочего места системы верхнего уровня или экране сервисного ПК.

**Возможная причина**

Нарушена целостность цепи или обрыв катушки одного из соленоидов отключения трех полюсов высоковольтного выключателя.

**Действия по устранению**

Проверить прозвонкой целостность цепей и исправность катушек, при необходимости заменить соленоид.

**Возможная причина**

Неисправность узла контроля соленоидов в соответствующем модуле АВ-ТУК-41.

**Действия по устранению**

Заменить неисправный модуль АВ-ТУК-41. Инструкция по замене неисправного модуля АВ-ТУК-41 приведена в п. 5.3 настоящего руководства по эксплуатации.

**3.3.10. Порядок выключения изделия**

Вывод устройства АВМ-СК из работы выполняется в следующем порядке:

1. Отключить автоматические выключатели, установленные в цепях питания переменного тока и цепях оперативного постоянного тока, посредством которых подается питание на составные части устройства АВМ-СК;
2. Убедиться в исчезновении светодиодной индикации на всех модулях контроллера АВ-ТУК-05.001 (модули АВ-ТУК-91, АВ-ТУК-12, АВ-ТУК-2135 и АВ-ТУК-85).

После выполнения указанных пунктов устройство АВМ-СК считается выведенным из работы.

## 3.4. Действия в экстремальных условиях

### 3.4.1. При пожаре

При появлении запаха горелой изоляции, дыма или возгорания АВМ-СК экстренно необходимо:

- отключить питание АВМ-СК внешними автоматическими выключателями, а если эту операцию выполнить невозможно, то снять напряжение удаленными выключателями со шкафа управления или шкафа привода выключателя, в котором установлено устройство;
- снять напряжение со всех цепей, подсоединенных к АВМ-СК;
- приступить к тушению АВМ-СК предназначенными для этого средствами;
- других специальных действий не требуется, кроме действий, предусмотренных регламентирующей документацией, действующей на предприятии.

### 3.4.2. При попадании в аварийные условия эксплуатации

При попадании устройства в аварийные условия эксплуатации необходимо:

- отключить питание АВМ-СК внешними автоматическими выключателями;
- снять напряжение со всех цепей, подсоединенных к АВМ-СК;
- устранить аварийные условия эксплуатации;
- произвести осмотр АВМ-СК с целью выявления последствий аварийных условий эксплуатации и устранить их.

## 4. Техническое обслуживание изделия

### 4.1. Общие указания

Техническое обслуживание производится с целью обеспечения бесперебойной работы, поддержания эксплуатационной надежности и повышения эффективности использования устройства. Техническое обслуживание устройства АВМ-СК производится одновременно с техническим обслуживанием высоковольтного выключателя, на котором оно установлено.

До начала технического обслуживания следует подготовить необходимую документацию (поставляемую комплектно сопроводительную документацию, требуемые инструкции, бланки), инструмент, защитные средства.

Перед проведением технического обслуживания АВМ-СК необходимо:

- вывести АВМ-СК из работы, выполнив порядок действий, описанных в п. 3.3.10 настоящего руководства по эксплуатации;
- закоротить токовые цепи от трансформатора тока на входном клеммнике шкафа управления или шкафа привода выключателя.

По завершении технического обслуживания АВМ-СК необходимо:

- ввести АВМ-СК в работу, выполнив порядок действий, описанных в п. 3.2.3 настоящего руководства по эксплуатации;
- подключить токовые цепи от трансформатора тока на входном клеммнике шкафа управления или шкафа привода выключателя.

### 4.2. Меры безопасности при техническом обслуживании

Техническое обслуживание АВМ-СК должно выполняться в строгом соответствии с действующими «Правилами технической эксплуатации электроустановок потребителей электрических станций и сетей РФ» (ПТЭ), «Правилами устройства электроустановок» (ПУЭ), «Правилами по охране труда при эксплуатации электроустановок» в редакции Приказа Минтруда России от 19.02.2016 № 74н (ПОТЭЭ).

К техническому обслуживанию АВМ-СК допускаются лица, ознакомленные с настоящим руководством по эксплуатации, устройством и работой АВМ-СК, а также имеющие

квалификационную группу по технике безопасности не ниже третьей и имеющие допуск к работе с электроустановками напряжением до 1000 В.

При техническом обслуживании АВМ-СК должна быть обеспечена целостность вторичных цепей трансформаторов тока. Обслуживающий персонал, допущенный к работам с АВМ-СК, должен знать правила работы с токовыми цепями и пройти соответствующий инструктаж.

### **4.3. Порядок технического обслуживания изделия**

#### **1. Проверка отсутствия механических повреждений составных частей устройства**

Проверка выполняется посредством визуального осмотра поверхностей корпусов составных частей устройства. Указанные поверхности не должны иметь повреждений (царапин, вмятин, трещин), которые могут оказать влияние на возможность нормальной эксплуатации устройства. В случае выявления повреждений корпусов, несовместимых с нормальной эксплуатацией устройства, для дальнейших разъяснений необходимо связаться с производителем АВМ-СК.

#### **2. Проверка отсутствия пыли, грязи и влаги на корпусах и соединителях составных частей устройства**

Проверка выполняется посредством визуального осмотра корпусов и соединителей составных частей устройства АВМ-СК. При выявлении видимого загрязнения или скопления пыли на оборудовании необходимо произвести уборку поверхностей с помощью сухой тряпки. При выявлении скоплений влаги необходимо произвести уборку поверхности сухой тряпкой и дополнительно высушить увлажненную поверхность. Кроме того, необходимо определить и устранить причину появления скопления влаги.

#### **3. Проверка надежности крепления составных частей устройства**

Проверка выполняется путем последовательного приложения небольшого воздействия в вертикальной и горизонтальной плоскости к составным частям устройства АВМ-СК. При выявлении ненадежного крепления оборудования необходимо определить и, по возможности, устранить причину нарушения крепления. В случае если устранение причины нарушения крепления невозможно, для дальнейших разъяснений необходимо связаться с производителем шкафа управления или шкафа привода высоковольтного выключателя.

#### 4. Проверка состояния электромонтажа, крепления соединительных проводов и кабелей на клеммах и разъемах составных частей устройства

Проверка выполняется путем последовательного приложения небольшого воздействия в вертикальной и горизонтальной плоскости к проводникам и кабелям, подключенным к клеммам и разъемам составных частей устройства АВМ-СК. При выявлении ненадежного крепления проводников или кабелей необходимо определить и, по возможности, устранить причину нарушения крепления. В случае если устранение причины нарушения крепления невозможно, для дальнейших разъяснений необходимо связаться с производителем шкафа управления или шкафа привода высоковольтного выключателя.

#### 5. Проверка отсутствия механических повреждений кабелей, целостности изоляции жил

Проверка выполняется посредством визуального осмотра проводников и кабелей, подключенных к клеммам и разъемам составных частей устройства АВМ-СК. Изоляция указанных проводников и кабелей не должна иметь надрывов, замятий и прочих механических повреждений. Жилы проводников и кабелей не должны быть скручены или иметь сильных изгибов. При выявлении указанных нарушений изоляции проводников или кабелей необходимо устранить повреждение, дополнительно заизолировав проводник или заменив его целиком. В случае если устранение нарушения изоляции невозможно, для дальнейших разъяснений необходимо связаться с производителем шкафа управления или шкафа привода высоковольтного выключателя.

#### 6. Проверка состояния заземления контроллера АВ-ТУК-05.001

Проверка выполняется с помощью миллиомметра путем измерения сопротивления между контактом РЕ разъема XS1, расположенного на лицевой панели контроллера АВ-ТУК-05.001, и любыми металлическими нетоковедущими элементами конструкции шкафа управления или шкафа привода высоковольтного выключателя. Значение измеряемого сопротивления не должно превышать 0,1 Ом. В случае превышения указанного значения для дальнейших разъяснений необходимо связаться с производителем шкафа.



#### **ВНИМАНИЕ!**

Последующие пункты порядка проведения ТО проводятся на введенном в работу устройстве АВМ-СК. Для этого необходимо выполнить порядок действий, описанный в пункте 3.2.3 настоящего руководства по эксплуатации.

## 7. Проверка работы автоматических выключателей включением и отключением от руки

Включение и отключение производится вручную поочередно для автоматических выключателей, установленных в цепях питания переменного тока и цепях оперативного постоянного тока, посредством которых подается питание на составные части устройства АВМ-СК. Между отключением и включением одного и того же автоматического выключателя необходимо сделать паузу 2-3 секунды. При выполнении указанных операций автоматические выключатели должны отключаться и включаться без применения излишних усилий, ручка управления должна фиксироваться в каждом из крайних положений. При выявлении неисправности автоматического выключателя для дальнейших разъяснений по его замене необходимо связаться с производителем шкафа управления или шкафа привода высоковольтного выключателя.

## 8. Проверка состояния светосигнальных индикаторов контроллера АВ-ТУК-05.001

Проверка выполняется посредством визуального осмотра светосигнальных индикаторов указанных далее модулей.

Наименование модуля	Требуемое состояние индикатора
Модуль питания АВ-ТУК-91	Индикатор «Питание» должен гореть.
Модуль процессора АВ-ТУК-12	Индикатор «Питание» должен гореть.
	Индикатор «Режим» должен мигать с частотой 1 раз в секунду.
	Индикатор «Сеть А» должен мигать с нефиксированной частотой (только при наличии устойчивого подключения устройства к системе верхнего уровня или сервисному ПК).
	Индикатор «Сеть В» должен мигать с нефиксированной частотой.
Модуль комбинированный АВ-ТУК-2135	Индикатор «Сеть» должен мигать с нефиксированной частотой.
	Индикатор «Режим» должен мигать с частотой 1 раз в секунду.
Модуль контроля и управления высоковольтным выключателем АВ-ТУК-85	Индикатор «Сеть» должен мигать с нефиксированной частотой.
	Индикатор «Режим» должен мигать с частотой 1 раз в секунду.

Указанные светосигнальные индикаторы в зависимости от режима работы должны гореть постоянно или мигать с определенной частотой. Если указанные индикаторы не горят, это может говорить о неисправности индикатора или неисправности устройства. Если по состоянию индикаторов не удалось диагностировать возможную неисправность устройства (см. п. 3.3.8.1), для дальнейших разъяснений необходимо связаться с производителем устройства.

## 4.4. Проверка работоспособности изделия

По завершении технического обслуживания необходимо провести проверку работоспособности устройства АВМ-СК.

Проверка работоспособности устройства АВМ-СК осуществляется по показателям, приведенным в п. 3.3.8 настоящего руководства по эксплуатации.

## 5. Ремонт

### 5.1. Общие указания

Ремонт устройства АВМ-СК на объекте эксплуатации не предусмотрен. Восстановление работоспособности изделия осуществляется заменой неисправных модулей. Запасные модули в комплект поставки устройства не входят.

При необходимости ремонт или замену неисправных составных частей изделия в пределах гарантийного срока осуществляет предприятие-изготовитель. После окончания гарантийного срока ремонт или замена неисправных модулей осуществляется по отдельному договору.

До начала ремонта следует подготовить необходимую документацию (поставляемую комплектно сопроводительную документацию, требуемые инструкции, бланки), инструмент, защитные средства.

Перед проведением ремонта АВМ-СК необходимо:

- вывести АВМ-СК из работы, выполнив порядок действий, описанных в п. 3.3.10 настоящего руководства по эксплуатации;
- закоротить токовые цепи от трансформатора тока на входном клеммнике шкафа управления или шкафа привода выключателя.

По завершении ремонта АВМ-СК необходимо:

- ввести АВМ-СК в работу, выполнив порядок действий, описанных в п. 3.2.3 настоящего руководства по эксплуатации;
- подключить токовые цепи от трансформатора тока на входном клеммнике шкафа управления или шкафа привода выключателя.

## 5.2. Меры безопасности при ремонте

Ремонт АВМ-СК должно выполняться в строгом соответствии с действующими «Правилами технической эксплуатации электроустановок потребителей электрических станций и сетей РФ» (ПТЭ), «Правилами устройства электроустановок» (ПУЭ), «Правилами по охране труда при эксплуатации электроустановок» в редакции Приказа Минтруда России от 19.02.2016 № 74н (ПОТЭЭ).

К ремонту АВМ-СК допускаются лица, ознакомленные с настоящим руководством по эксплуатации, устройством и работой АВМ-СК, а также имеющие квалификационную группу по технике безопасности не ниже третьей и имеющие допуск к работе с электроустановками напряжением до 1000 В.

При ремонте АВМ-СК должна быть обеспечена целостность вторичных цепей трансформаторов тока. Обслуживающий персонал, допущенный к работам с АВМ-СК, должен знать правила работы с токовыми цепями и пройти соответствующий инструктаж.

## 5.3. Порядок замены модулей устройства

### Замена модуля АВ-ТУК-85

Замена неисправного модуля АВ-ТУК-85 должна производиться в следующем порядке:

1. Подготовить устройство АВМ-СК к ремонту, выведя его из работы;
2. Проконтролировать отсутствие напряжения  $\sim 230$  В на клеммах L,N разъема XS1 контроллера АВ-ТУК-05.001;
3. Отсоединить от разъемов на лицевой панели модуля АВ-ТУК-85 ответные части с проводным монтажом, предварительно отвернув фиксирующие винты разъемов; для извлечения ответных частей разъемов XS5, XS6 и XS7 необходимо нажать на красную защелку ответной части разъема;
4. Отвернуть четыре крепежных винта на лицевой панели модуля;
5. Извлечь неисправный модуль АВ-ТУК-85 из контроллера, на его место установить исправный, вставив его по направляющим до упора;
6. Завернуть четыре крепежных винта на лицевой панели модуля;

7. Надежно вставить ответные части в соответствующие разъемы на лицевой стороне модуля, завернуть фиксирующие винты;
8. Завершить ремонт устройства АВМ-СК, после чего ввести его в работу.

**ВНИМАНИЕ!**

При замене модуля АВ-ТУК-85 необходимые конфигурационные данные будут автоматически переданы в замененный модуль из модуля процессора АВ-ТУК-12.

**Замена модуля АВ-ТУК-2135**

Замена неисправного модуля АВ-ТУК-2135 должна производиться в следующем порядке:

1. Подготовить устройство АВМ-СК к ремонту, выведя его из работы;
2. Проконтролировать отсутствие напряжения  $\sim 230$  В на клеммах L, N разъема XS1 контроллера АВ-ТУК-05.001;
3. Отсоединить от разъемов на лицевой панели модуля АВ-ТУК-2135 ответные части с проводным монтажом, предварительно отвернув фиксирующие винты разъемов;
4. Отвернуть четыре крепежных винта на лицевой панели модуля;
5. Извлечь неисправный модуль АВ-ТУК-2135 из контроллера, на его место установить исправный, вставив его по направляющим до упора;
6. Завернуть четыре крепежных винта на лицевой панели модуля;
7. Надежно вставить ответные части в соответствующие разъемы на лицевой стороне модуля, завернуть фиксирующие винты;
8. Завершить ремонт устройства АВМ-СК, после чего ввести его в работу.

**ВНИМАНИЕ!**

При замене модуля АВ-ТУК-2135 необходимые конфигурационные данные будут автоматически переданы в замененный модуль из модуля процессора АВ-ТУК-12.

### Замена модуля АВ-ТУК-12



#### **ВНИМАНИЕ!**

При замене модуля процессора АВ-ТУК-12 в него следует предварительно загрузить файлы конфигурации модулей АВ-ТУК-85 или АВ-ТУК-2135, **сохраненные при конфигурировании устройства на этапе ввода его в эксплуатацию** или в процессе эксплуатации (описаны в пп. 3.2.4.4 и 3.2.4.5 настоящего руководства по эксплуатации). Данная операция должна осуществляться представителями предприятия-изготовителя с использованием переданных заказчиком файлов конфигураций модулей АВ-ТУК-85 или АВ-ТУК-2135.

Замена неисправного модуля АВ-ТУК-12 должна производиться в следующем порядке:

1. Подготовить устройство АВМ-СК к ремонту, выведя его из работы;
2. Проконтролировать отсутствие напряжения  $\sim 230$  В на клеммах L,N разъема XS1 контроллера АВ-ТУК-05.001;
3. Отсоединить от разъема X2 «EthA» на лицевой панели модуля АВ-ТУК-12 интерфейсный кабель (при его наличии);
4. Отвернуть четыре крепежных винта на лицевой панели модуля;
5. Извлечь неисправный модуль АВ-ТУК-12 из контроллера, на его место установить исправный, вставив его по направляющим до упора;
6. Завернуть четыре крепежных винта на лицевой панели модуля;
7. Подключить к разъему X2 «EthA» интерфейсный кабель (при его наличии);
8. Завершить ремонт устройства АВМ-СК, после чего ввести его в работу.

### Замена модуля АВ-ТУК-41

Замена неисправного модуля АВ-ТУК-41 должна производиться в следующем порядке:

1. Подготовить устройство АВМ-СК к ремонту, выведя его из работы;
2. Отсоединить от разъемов модуля АВ-ТУК-41 ответные части с проводным монтажом, предварительно отвернув фиксирующие винты разъемов;
3. С помощью отвертки поочередно освободить замки крепления основания модуля на DIN-рейке, снять модуль с рейки, установить на его место исправный модуль;

4. Надежно вставить ответные части в соответствующие разъемы модуля, завернуть фиксирующие винты;
5. Завершить ремонт устройства АВМ-СК, после чего ввести его в работу.

## 6. Хранение

Изделия в заводской упаковке должны храниться в закрытых складских помещениях в условиях, соответствующих группе 3 (ЖЗ) по ГОСТ 15150-69 (при температуре окружающей среды от минус 50°C до +50°C и относительной влажности по климатическому исполнению ВЗ).

В помещениях для хранения содержание пыли, паров кислот и щелочей, агрессивных газов и других вредных примесей, вызывающих коррозию, не должно превышать содержание коррозионно-активных агентов для атмосферы типа 1 по ГОСТ 15150-69.

Допустимый срок хранения до ввода в эксплуатацию – 1 год.

## 7. Транспортирование

Транспортирование устройства АВМ-СК должно производиться в условиях, соответствующих группе 5 (ОЖ4) по ГОСТ 15150-69.

АВМ-СК может транспортироваться в упаковочных ящиках закрытым железнодорожным, водным (речным) или автомобильным транспортом в соответствии с правилами перевозок грузов, действующими на данном виде транспорта.

Транспортные ящики должны быть закреплены. Закрепление транспортных ящиков в транспортных средствах должно обеспечить их устойчивое положение, исключающее возможность смещения ящиков и удары их друг о друга, а также о стенки транспортных средств.

Погрузка и выгрузка ящиков с изделиями должна производиться в соответствии с надписями и знаками на транспортной таре. Не допускаются толчки и удары. Указания предупредительной маркировки должны выполняться на всех этапах следования по пути от грузоотправителя до грузополучателя. При выгрузке упакованных изделий во время остановок ящики должны находиться под навесом или в крытом помещении в соответствии с нанесенной на таре маркировкой.

## 8. Утилизация

По окончании срока службы изделия утилизации подлежат конструктивы из цветного металла и элементы, содержащие драгоценные металлы.

Печатные платы изделия содержат припой ПОС60. При демонтаже печатных плат следует соблюдать правила техники безопасности, связанные с распайкой печатных плат.

Черный металл содержат элементы корпуса АВМ-СК.

Цветные металлы содержат:

- алюминий – конденсаторы электролитические и элементы конструкции;
- тантал – конденсаторы электролитические;
- медь – жгуты и провода электромонтажа.

Драгоценные металлы содержатся в радиоэлементах – разъемы, микросхемы.

Утилизация проводится путем сдачи указанных частей в специальные пункты.

## 9. Гарантийные обязательства

Гарантийные обязательства распространяются на изделия в объеме поставки при соблюдении Заказчиком условий и правил транспортирования, хранения, монтажа и эксплуатации в течение гарантийного срока. Гарантийный срок эксплуатации указан в паспорте устройства.

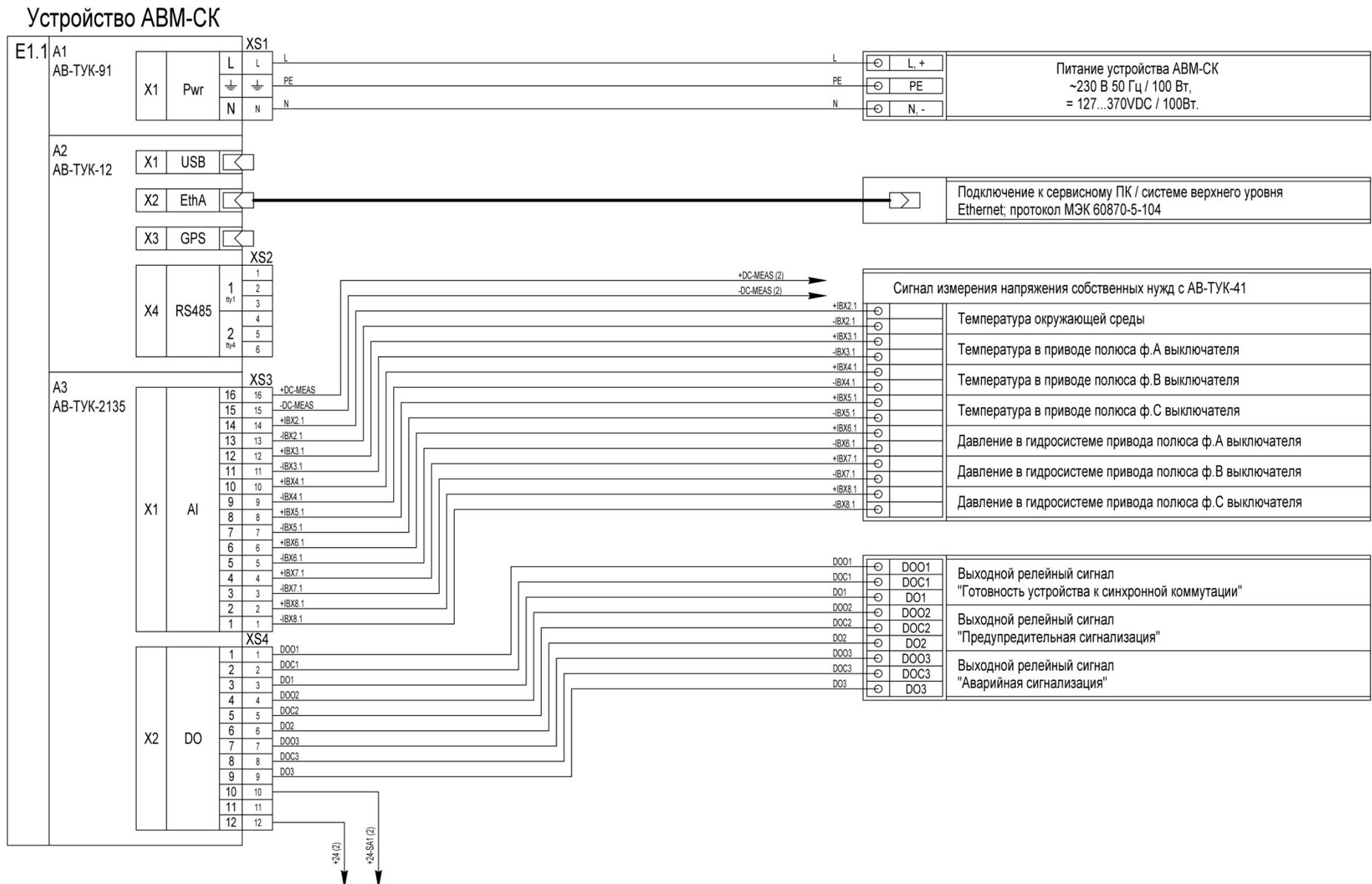
Срок эксплуатации АВМ-СК до списания составляет 20 лет.

## Приложение 1. Перечень входных сигналов

Перечень входных сигналов, контролируемых устройством синхронной коммутации высоковольтного выключателя АВМ-СК, приведен в следующей таблице.

Наименование контролируемых сигналов	Тип		Количество
Блок-контакты полюса выключателя	Входной контактный	с «замочкой» =220В	6 (по два на полюс)
Команда на включение выключателя	Входной контактный	с «замочкой» =220В	3
Команда на отключение выключателя	Входной контактный	с «замочкой» =220В	3
Контроль целостности цепей соленоидов включения / отключения	Входной контактный	с «замочкой» =24В	2 (по одному на операцию вкл./откл.)
Напряжение со стороны источника (сборных шин)	Входной аналоговый	~100/√3В	3 (по одному на фазу)
Напряжение со стороны коммутируемой нагрузки	Входной аналоговый	~100/√3В	3 (по одному на фазу)
Ток в выключателе	Входной аналоговый	~0...1(5)А перегрузка не менее 20*I <sub>н</sub> в течение 3 с	3 (по одному на фазу)
Напряжение питания цепей электромагнитов управления	Входной аналоговый	=0...300 В	1
Температура окружающей среды	Входной аналоговый	4...20 мА	1
Температура внутри привода полюса выключателя	Входной аналоговый	4...20 мА	3 (по одному на полюс)
Давление в гидросистеме привода полюса выключателя	Входной аналоговый	4...20 мА	3 (по одному на полюс)

Приложение 2. Схема внешних подключений





## Приложение 3. Состав регистров МЭК 60870-5-104

Обозначение	Наименование	Адрес	Тип
<b>Данные устройства</b>			
Tamb	Температура окружающей среды	1	13 (M_ME_NC_1)
TdriveA	Температура в шкафу привода ф.А	2	13 (M_ME_NC_1)
TdriveB	Температура в шкафу привода ф.В	3	13 (M_ME_NC_1)
TdriveC	Температура в шкафу привода ф.С	4	13 (M_ME_NC_1)
PdriveA	Давление в гидроприводе ф.А	5	13 (M_ME_NC_1)
PdriveB	Давление в гидроприводе ф.В	6	13 (M_ME_NC_1)
PdriveC	Давление в гидроприводе ф.С	7	13 (M_ME_NC_1)
Udc	Напряжение оперативного постоянного тока	8	13 (M_ME_NC_1)
UA1	Фазное среднеквадратичное напряжение источника ф.А1	9	13 (M_ME_NC_1)
UB1	Фазное среднеквадратичное напряжение источника ф.В1	10	13 (M_ME_NC_1)
UC1	Фазное среднеквадратичное напряжение источника ф.С1	11	13 (M_ME_NC_1)
IA	Фазный среднеквадратичный ток ф.А	12	13 (M_ME_NC_1)
IB	Фазный среднеквадратичный ток ф.В	13	13 (M_ME_NC_1)
IC	Фазный среднеквадратичный ток ф.С	14	13 (M_ME_NC_1)
UA2	Фазное среднеквадратичное напряжение нагрузки ф.А2	15	13 (M_ME_NC_1)
UB2	Фазное среднеквадратичное напряжение нагрузки ф.В2	16	13 (M_ME_NC_1)
UC2	Фазное среднеквадратичное напряжение нагрузки ф.С2	17	13 (M_ME_NC_1)
TboA	Текущее время безоперационного простоя полюса ф.А выключателя	18	13 (M_ME_NC_1)
TboB	Текущее время безоперационного простоя полюса ф.В выключателя	19	13 (M_ME_NC_1)
TboC	Текущее время безоперационного простоя полюса ф.С выключателя	20	13 (M_ME_NC_1)
WearA	Текущий электрический износ полюса ф.А	21	13 (M_ME_NC_1)
WearB	Текущий электрический износ полюса ф.В	22	13 (M_ME_NC_1)
WearC	Текущий электрический износ полюса ф.С	23	13 (M_ME_NC_1)
ComResA	Остаточный коммутационный ресурс ф.А	24	13 (M_ME_NC_1)
ComResB	Остаточный коммутационный ресурс ф.В	25	13 (M_ME_NC_1)

Обозначение	Наименование	Адрес	Тип
ComResC	Остаточный коммутационный ресурс ф.С	26	13 (M_ME_NC_1)
NopOffA	Текущее количество операций отключения полюса ф.А	50	7 (M_BO_NA_1)
NopOffB	Текущее количество операций отключения полюса ф.В	51	7 (M_BO_NA_1)
NopOffC	Текущее количество операций отключения полюса ф.С	52	7 (M_BO_NA_1)
NopOnA	Текущее количество операций включения полюса ф.А	53	7 (M_BO_NA_1)
NopOnB	Текущее количество операций включения полюса ф.В	54	7 (M_BO_NA_1)
NopOnC	Текущее количество операций включения полюса ф.С	55	7 (M_BO_NA_1)
MechResA	Остаточный механический ресурс полюса ф.А	56	7 (M_BO_NA_1)
MechResB	Остаточный механический ресурс полюса ф.В	57	7 (M_BO_NA_1)
MechResC	Остаточный механический ресурс полюса ф.С	58	7 (M_BO_NA_1)
<b>Состояние устройства</b>			
PhAState	Состояние ф.А выключателя (Недостоверность, неисправность, состояние фазы (вкл./выкл.))	100	7 (M_BO_NA_1)
PhBState	Состояние ф.В выключателя (Недостоверность, неисправность, состояние фазы (вкл./выкл.))	101	7 (M_BO_NA_1)
PhCState	Состояние ф.С выключателя (Недостоверность, неисправность, состояние фазы (вкл./выкл.))	102	7 (M_BO_NA_1)
SwitchState	Состояние выключателя (Недостоверность блок-контактов, неисправность блок-контактов, состояние выключателя (вкл./выкл.), неисправность выключателя)	103	7 (M_BO_NA_1)
BIContNoStA	Состояние блок контакта «полюс замкнут» ф.А (0 – разомкнут, 1 - замкнут)	200	30 (M_SP_TB_1)
BIContNoStB	Состояние блок контакта «полюс замкнут» ф.В (0 – разомкнут, 1 - замкнут)	201	30 (M_SP_TB_1)
BIContNoStC	Состояние блок контакта «полюс замкнут» ф.С (0 – разомкнут, 1 - замкнут)	202	30 (M_SP_TB_1)
BIContNzStA	Состояние блок контакта «полюс разомкнут» ф.А (0 – разомкнут, 1 - замкнут)	203	30 (M_SP_TB_1)
BIContNzStB	Состояние блок контакта «полюс разомкнут» ф.В (0 – разомкнут, 1 - замкнут)	204	30 (M_SP_TB_1)
BIContNzStC	Состояние блок контакта «полюс разомкнут» ф.С (0 – разомкнут, 1 - замкнут)	205	30 (M_SP_TB_1)
PreWarn2135	Самодиагностика модуля АВ-ТУК-2135. Состояние модуля - условно нормальное	206	30 (M_SP_TB_1)
PreWarn85	Самодиагностика модуля АВ-ТУК-85. Состояние модуля - условно нормальное	207	30 (M_SP_TB_1)
<b>Предупредительная сигнализация</b>			
TsOffAWarn	Превышена предупредительная уставка собственного времени отключения полюса ф.А	300	30 (M_SP_TB_1)
TsOffBWarn	Превышена предупредительная уставка собственного времени отключения полюса ф.В	301	30 (M_SP_TB_1)

Обозначение	Наименование	Адрес	Тип
TsOffCWarn	Превышена предупредительная уставка собственного времени отключения полюса ф.С	302	30 (M_SP_TB_1)
TsOnAWarn	Превышена предупредительная уставка собственного времени включения полюса ф.А	303	30 (M_SP_TB_1)
TsOnBWarn	Превышена предупредительная уставка собственного времени включения полюса ф.В	304	30 (M_SP_TB_1)
TsOnCWarn	Превышена предупредительная уставка собственного времени включения полюса ф.С	305	30 (M_SP_TB_1)
TmainOffAWrn	Превышена предупредительная уставка времени между срабатываниями блок-контактов при отключении полюса ф.А выключателя	306	30 (M_SP_TB_1)
TmainOffBWrn	Превышена предупредительная уставка времени между срабатываниями блок-контактов при отключении полюса ф.В выключателя	307	30 (M_SP_TB_1)
TmainOffCWrn	Превышена предупредительная уставка времени между срабатываниями блок-контактов при отключении полюса ф.С выключателя	308	30 (M_SP_TB_1)
TmainOnAWrn	Превышена предупредительная уставка времени между срабатываниями блок-контактов при включении полюса ф. А выключателя	309	30 (M_SP_TB_1)
TmainOnBWrn	Превышена предупредительная уставка времени между срабатываниями блок-контактов при включении полюса ф.В выключателя	310	30 (M_SP_TB_1)
TmainOnCWrn	Превышена предупредительная уставка времени между срабатываниями блок-контактов при включении полюса ф.С выключателя	311	30 (M_SP_TB_1)
DtOffAWarn	Превышена предупредительная уставка погрешности выполненной синхронной коммутации при отключении ф. А	312	30 (M_SP_TB_1)
DtOffBWarn	Превышена предупредительная уставка погрешности выполненной синхронной коммутации при отключении ф. В	313	30 (M_SP_TB_1)
DtOffCWarn	Превышена предупредительная уставка погрешности выполненной синхронной коммутации при отключении ф. С	314	30 (M_SP_TB_1)
DtOnAWarn	Превышена предупредительная уставка погрешности выполненной синхронной коммутации при включении ф. А	315	30 (M_SP_TB_1)
DtOnBWarn	Превышена предупредительная уставка погрешности выполненной синхронной коммутации при включении ф. В	316	30 (M_SP_TB_1)
DtOnCWarn	Превышена предупредительная уставка погрешности выполненной синхронной коммутации при включении ф. С	317	30 (M_SP_TB_1)
TarcOnAWarn	Превышена предупредительная уставка времени горения дуги в полюсе выключателя при включении ф.А	318	30 (M_SP_TB_1)
TarcOnBWarn	Превышена предупредительная уставка времени горения дуги в полюсе выключателя при включении ф.В	319	30 (M_SP_TB_1)
TarcOnCWarn	Превышена предупредительная уставка времени горения дуги в полюсе выключателя при включении ф.С	320	30 (M_SP_TB_1)
ResNomAWarn	Остаточный механический ресурс ниже предупредительной уставки для ф.А	321	30 (M_SP_TB_1)
ResNomBWarn	Остаточный механический ресурс ниже предупредительной уставки для ф.В	322	30 (M_SP_TB_1)
ResNomCWarn	Остаточный механический ресурс ниже предупредительной уставки для ф.С	323	30 (M_SP_TB_1)
ResKzAWarn	Остаточный коммутационный ресурс ниже предупредительной уставки для ф.А	324	30 (M_SP_TB_1)

Обозначение	Наименование	Адрес	Тип
ResKzBWarn	Остаточный коммутационный ресурс ниже предупредительной уставки для ф.В	325	30 (M_SP_TB_1)
ResKzCWarn	Остаточный коммутационный ресурс ниже предупредительной уставки для ф.С	326	30 (M_SP_TB_1)
IAWarn	Превышена предупредительная уставка тока в выключателе ф.А при выполнении коммутации	327	30 (M_SP_TB_1)
IBWarn	Превышена предупредительная уставка тока в выключателе ф.В при выполнении коммутации	328	30 (M_SP_TB_1)
ICWarn	Превышена предупредительная уставка тока в выключателе ф.С при выполнении коммутации	329	30 (M_SP_TB_1)
TrasAWarn	Превышена предупредительная уставка времени рассинхронизации ф.А выключателя	330	30 (M_SP_TB_1)
TrasBWarn	Превышена предупредительная уставка времени рассинхронизации ф.В выключателя	331	30 (M_SP_TB_1)
TrasCWarn	Превышена предупредительная уставка времени рассинхронизации ф.С выключателя	332	30 (M_SP_TB_1)
WrongComA	Команда на коммутацию ф.А, не соответствующая состоянию полюса выключателя	333	30 (M_SP_TB_1)
WrongComB	Команда на коммутацию ф.В, не соответствующая состоянию полюса выключателя	334	30 (M_SP_TB_1)
WrongComC	Команда на коммутацию ф.С, не соответствующая состоянию полюса выключателя	335	30 (M_SP_TB_1)
Warn2135	Самодиагностика модуля АВ-ТУК-2135. Состояние модуля - предупредительное	336	30 (M_SP_TB_1)
Warn85	Самодиагностика модуля АВ-ТУК-85. Состояние модуля - предупредительное	337	30 (M_SP_TB_1)
TarcOffAWarn	Превышена предупредительная уставка времени горения дуги в полюсе выключателя при отключении ф.А	338	30 (M_SP_TB_1)
TarcOffBWarn	Превышена предупредительная уставка времени горения дуги в полюсе выключателя при отключении ф.В	339	30 (M_SP_TB_1)
TarcOffCWarn	Превышена предупредительная уставка времени горения дуги в полюсе выключателя при отключении ф.С	340	30 (M_SP_TB_1)
UopMinWarn	Достигнута предупредительная нижняя уставка напряжения постоянного тока	341	30 (M_SP_TB_1)
UopMaxWarn	Достигнута предупредительная верхняя уставка напряжения постоянного тока	342	30 (M_SP_TB_1)
SolOnBreak	Устройство синхронной коммутации исключен из управления	343	30 (M_SP_TB_1)
TambMinWarn	Температура окружающей среды ниже предупредительной уставки	344	30 (M_SP_TB_1)
TambMaxWarn	Температура окружающей среды выше предупредительной уставки	345	30 (M_SP_TB_1)
TdrvAMaxWarn	Температура внутри привода полюса ф.А выключателя выше предупредительной уставки	346	30 (M_SP_TB_1)
TdrvBMaxWarn	Температура внутри привода полюса ф.В выключателя выше предупредительной уставки	347	30 (M_SP_TB_1)
TdrvCMaxWarn	Температура внутри привода полюса ф.С выключателя выше предупредительной уставки	348	30 (M_SP_TB_1)
TdrvAMinWarn	Температура внутри привода полюса ф.А выключателя ниже предупредительной уставки	349	30 (M_SP_TB_1)
TdrvBMinWarn	Температура внутри привода полюса ф.В выключателя ниже предупредительной уставки	350	30 (M_SP_TB_1)
TdrvCMinWarn	Температура внутри привода полюса ф.С выключателя ниже предупредительной уставки	351	30 (M_SP_TB_1)

Обозначение	Наименование	Адрес	Тип
PdrvAWarn	Давление в гидросистеме привода полюса ф.А выключателя выше предупредительной уставки	352	30 (M_SP_TB_1)
PdrvBWarn	Давление в гидросистеме привода полюса ф.В выключателя выше предупредительной уставки	353	30 (M_SP_TB_1)
PdrvCWarn	Давление в гидросистеме привода полюса ф.С выключателя выше предупредительной уставки	354	30 (M_SP_TB_1)
NotFullSwMod	Неполнофазная работа выключателя	355	30 (M_SP_TB_1)
<b>Аварийная сигнализация</b>			
OffWrngDtAlm	Устройство синхронной коммутации в режиме отключения основного алгоритма	400	30 (M_SP_TB_1)
SolOffBreak	Неисправность соленоидов выключателя	401	30 (M_SP_TB_1)
TsOffAAIm	Превышена аварийная уставка собственного времени отключения полюса ф.А	402	30 (M_SP_TB_1)
TsOffBAlm	Превышена аварийная уставка собственного времени отключения полюса ф.В	403	30 (M_SP_TB_1)
TsOffCAIm	Превышена аварийная уставка собственного времени отключения полюса ф.С	404	30 (M_SP_TB_1)
TsOnAAIm	Превышена аварийная уставка собственного времени включения полюса ф.А	405	30 (M_SP_TB_1)
TsOnBAlm	Превышена аварийная уставка собственного времени включения полюса ф.В	406	30 (M_SP_TB_1)
TsOnCAIm	Превышена аварийная уставка собственного времени включения полюса ф.С	407	30 (M_SP_TB_1)
TmainOffAAIm	Превышена аварийная уставка времени между срабатываниями блок-контактов при отключении полюса ф.А выключателя	408	30 (M_SP_TB_1)
TmainOffBAlm	Превышена аварийная уставка времени между срабатываниями блок-контактов при отключении полюса ф.В выключателя	409	30 (M_SP_TB_1)
TmainOffCAIm	Превышена аварийная уставка времени между срабатываниями блок-контактов при отключении полюса ф.С выключателя	410	30 (M_SP_TB_1)
TmainOnAAIm	Превышена аварийная уставка времени между срабатываниями блок-контактов при включении полюса ф. А выключателя	411	30 (M_SP_TB_1)
TmainOnBAlm	Превышена аварийная уставка времени между срабатываниями блок-контактов при включении полюса ф.В выключателя	412	30 (M_SP_TB_1)
TmainOnCAIm	Превышена аварийная уставка времени между срабатываниями блок-контактов при включении полюса ф.С выключателя	413	30 (M_SP_TB_1)
DtOffAAIm	Превышена аварийная уставка погрешности выполненной синхронной коммутации при отключении ф. А	414	30 (M_SP_TB_1)
DtOffBAlm	Превышена аварийная уставка погрешности выполненной синхронной коммутации при отключении ф. В	415	30 (M_SP_TB_1)
DtOffCAIm	Превышена аварийная уставка погрешности выполненной синхронной коммутации при отключении ф. С	416	30 (M_SP_TB_1)
DtOnAAIm	Превышена аварийная уставка погрешности выполненной синхронной коммутации при включении ф. А	417	30 (M_SP_TB_1)

Обозначение	Наименование	Адрес	Тип
DtOnBAIm	Превышена аварийная уставка погрешности выполненной синхронной коммутации при включении ф. В	418	30 (M_SP_TB_1)
DtOnCAIm	Превышена аварийная уставка погрешности выполненной синхронной коммутации при включении ф. С	419	30 (M_SP_TB_1)
TarcOnAAIm	Превышена аварийная уставка времени горения дуги в полюсе выключателя при включении ф.А	420	30 (M_SP_TB_1)
TarcOnBAIm	Превышена аварийная уставка времени горения дуги в полюсе выключателя при включении ф.В	421	30 (M_SP_TB_1)
TarcOnCAIm	Превышена аварийная уставка времени горения дуги в полюсе выключателя при включении ф.С	422	30 (M_SP_TB_1)
LowSgnVolAlm	Недостаточный уровень переменного напряжения для синхронизации команд включения ф.А	423	30 (M_SP_TB_1)
ResNomAAIm	Остаточный механический ресурс ниже аварийной уставки для ф.А	424	30 (M_SP_TB_1)
ResNomBAIm	Остаточный механический ресурс ниже аварийной уставки для ф.В	425	30 (M_SP_TB_1)
ResNomCAIm	Остаточный механический ресурс ниже аварийной уставки для ф.С	426	30 (M_SP_TB_1)
ResKzAAIm	Остаточный коммутационный ресурс ниже аварийной уставки для ф.А	427	30 (M_SP_TB_1)
ResKzBAIm	Остаточный коммутационный ресурс ниже аварийной уставки для ф.В	428	30 (M_SP_TB_1)
ResKzCAIm	Остаточный коммутационный ресурс ниже аварийной уставки для ф.С	429	30 (M_SP_TB_1)
IAAlm	Превышена аварийная уставка тока в выключателе ф.А при выполнении коммутации	430	30 (M_SP_TB_1)
IBAlm	Превышена аварийная уставка тока в выключателе ф.В при выполнении коммутации	431	30 (M_SP_TB_1)
ICAlm	Превышена аварийная уставка тока в выключателе ф.С при выполнении коммутации	432	30 (M_SP_TB_1)
TrasAAIm	Превышена аварийная уставка времени рассинхронизации ф.А выключателя	433	30 (M_SP_TB_1)
TrasBAIm	Превышена аварийная уставка времени рассинхронизации ф.В выключателя	434	30 (M_SP_TB_1)
TrasCAIm	Превышена аварийная уставка времени рассинхронизации ф.С выключателя	435	30 (M_SP_TB_1)
Alarm85	Самодиагностика модуля АВ-ТУК-85. Состояние модуля – авария	436	30 (M_SP_TB_1)
Alarm2135	Самодиагностика модуля АВ-ТУК-2135. Состояние модуля - авария	437	30 (M_SP_TB_1)
TarcOffAAIm	Превышена аварийная уставка времени горения дуги в полюсе выключателя при отключении ф.А	438	30 (M_SP_TB_1)
TarcOffBAIm	Превышена аварийная уставка времени горения дуги в полюсе выключателя при отключении ф.В	439	30 (M_SP_TB_1)
TarcOffCAIm	Превышена аварийная уставка времени горения дуги в полюсе выключателя при отключении ф.С	440	30 (M_SP_TB_1)
UopMinAlm	Достигнута аварийная нижняя уставка напряжения постоянного тока	441	30 (M_SP_TB_1)
UopMaxAlm	Достигнута аварийная верхняя уставка напряжения постоянного тока	442	30 (M_SP_TB_1)
SwA2	Недостовверное состояние блок-контактов ф.А выключателя	443	30 (M_SP_TB_1)
SwA3	Неисправное состояние блок-контактов ф.А выключателя	444	30 (M_SP_TB_1)

Обозначение	Наименование	Адрес	Тип
SwB2	Недостовверное состояние блок-контактов ф.В выключателя	445	30 (M_SP_TB_1)
SwB3	Неисправное состояние блок-контактов ф.В выключателя	446	30 (M_SP_TB_1)
SwC2	Недостовверное состояние блок-контактов ф.С выключателя	447	30 (M_SP_TB_1)
SwC3	Неисправное состояние блок-контактов ф.С выключателя	448	30 (M_SP_TB_1)
Sw2	Недостовверность блок-контактов выключателя	449	30 (M_SP_TB_1)
Sw3	Неисправность блок-контактов выключателя	450	30 (M_SP_TB_1)
TambMinAlm	Температура окружающей среды ниже аварийной уставки	451	30 (M_SP_TB_1)
TambMaxAlm	Температура окружающей среды выше аварийной уставки	452	30 (M_SP_TB_1)
TdrvAMaxAlm	Температура внутри привода полюса ф.А выключателя ниже аварийной уставки	453	30 (M_SP_TB_1)
TdrvBMaxAlm	Температура внутри привода полюса ф.А выключателя выше аварийной уставки	454	30 (M_SP_TB_1)
TdrvCMaxAlm	Температура внутри привода полюса ф.В выключателя ниже аварийной уставки	455	30 (M_SP_TB_1)
TdrvAMinAlm	Температура внутри привода полюса ф.В выключателя выше аварийной уставки	456	30 (M_SP_TB_1)
TdrvBMinAlm	Температура внутри привода полюса ф.С выключателя ниже аварийной уставки	457	30 (M_SP_TB_1)
TdrvCMinAlm	Температура внутри привода полюса ф.В выключателя выше аварийной уставки	458	30 (M_SP_TB_1)
PdrvAAIm	Давление в гидросистеме привода полюса ф.А выключателя выше аварийной уставки	459	30 (M_SP_TB_1)
PdrvBAIm	Давление в гидросистеме привода полюса ф.В выключателя выше аварийной уставки	460	30 (M_SP_TB_1)
PdrvCAIm	Давление в гидросистеме привода полюса ф.С выключателя выше аварийной уставки	461	30 (M_SP_TB_1)