Инструкция по эксплуатации
ПО “Встроенное программное обеспечение автоматического регулятора возбуждения АРВ-ЭНС для управления синхронными электрическими машинами”

ООО “ЭЛЕКТРОМАШ”
ИНН: 7816714901
ОГРН: 1217800026542

- **Аннотация**

Настоящий документ содержит информацию, необходимую для эксплуатации ПО “Встроенное программное обеспечение автоматического регулятора возбуждения АРВ-ЭНС для управления синхронными электрическими машинами", в том числе описание ПО, информацию о назначении ПО, описание основных компонентов ПО и действий, которые пользователь может выполнять при помощи программы.

● Содержание документа

Аннотация 2
Содержание документа 3
1. Описание и назначение ПО 5
2. Подготовка к работе с ПО 7
2.1. Аппаратная часть 7
2.2. Подключение 8
3. Работа с ПО 8
3.1 Прошивка в процессе производства ПО 8
3.2 Прошивка (обновление) рабочей программы 9
4. Описание системы регулирования возбуждения (СРВ) 14
4.1 Структурная схема формирования выходного сигнала Uрег 14
4.2 Общая схема регулирования для СТС 14
4.3 Вычисление производных и отклонения частоты 16
4.4 Автоматический регулятор напряжения статора (АРН) 16
4.5 Регулятор тока ротора (РТР) 17
4.6 Регулятор реактивной мощности (Регулятор Q) 19
4.7 Регулятор коэффициента активной мощности COS 20
4.8 Система управления возбуждением (СУВ) 21
4.9 Ограничитель перегрузки ОП 22
4.9 Ограничитель перегрузки статора ОПС 24
4.10 Ограничитель минимального возбуждения ОМВ 25
4.11 Ограничитель тока ротора ОТР 26
4.12 Частотные каналы системного стабилизатора (ЧКСС) 28
4.13 Цифровое осциллографирование 30
5. Комплекс защит системы возбуждения 35
5.1 Защита от потери возбуждения (ПВ) 36
5.2 Защита от повышения напряжения генератора (ПН) 37
5.3 Защита от перегрузки по току ротора (ПР) 38
5.4 Защита от снижения частоты на холостом ходу генератора (СЧ) 39
5.5 Защита от несимметричного режима работы тиристорного преобразователя (НР) 40
5.6 Защита от превышения длительности форсировки (ПДФ) 42
5.7 Защита от короткого замыкания на шинах постоянного тока тиристорных преобразователей (КЗК) 43
5.8 Защита от превышения кратности форсировки (ПКФ) 44
5.9 Защита ротора от замыкания на землю в одной точке в цепях ротора (ЗЗ) 45
5.10 Защита от перегрева преобразовательного трансформатора (ЗПТ) 46
5.11 Защита от неуспешного начального возбуждения (ННВ) 47
5.12 Защита от неисправности двух каналов регулирования 48

5.13 Токовая отсечка защиты преобразовательного трансформатора (ОТ) 48
5.14 Максимальная токовая защиты преобразовательного трансформатора (МТЗ) 49
5.15 Защита от перенапряжений на обмотке ротора (ЗП)..... 50
5.16 Защита от перегрева тиристорного преобразователя (ЗПТП)..... 51
5.17 Перечень защит, их уставки срабатывания и пределы изменения уставок. 52
6. Человеко-машинные интерфейсы для работы с автоматическим регулятором возбуждения АРВ-ЭНС..... 64
6.1 ENS-Link..... 64
6.2 ENSApp 77
7. Техническое обслуживание 87
8. Аварийные ситуации 87
Контакты..... 88

1. Описание и назначение ПО

Встроенное программное обеспечение автоматического регулятора возбуждения АРВ-ЭНС для управления синхронными электрическими машинами" (далее — программа, ПО) — программное обеспечение, которое предназначено для управления током в обмотке возбуждения синхронных машин.

ПО обеспечивает стабильное регулирование в различных системах возбуждения, включая:

– статические тиристорные системы (СТС);
– бесщёточные системы возбуждения (БСВ);
– высокочастотные модернизированные системы (ВЧ);
– статические резервные системы (СТНР).

ПО работает в составе автоматического регулятора возбуждения АРВ-ЭНС и выполняет следующие функции:

–поддержание напряжения на шинах генератора или блока генератора – трансформатор с точностью ± 0,5% относительно заданной статической характеристики регулятора. Величина статизма регулирования может устанавливаться в диапазоне от -10% до +20%;

–форсирование возбуждения при скачкообразном снижении напряжения генератора относительно текущего значения. Пороги срабатывания и окончания форсировки, время задержки на снятие релейной форсировки настраиваются;

–демпфирование колебаний ротора при регулировании выходного сигнала АРВ по производной тока ротора, изменению частоты генератора и производной частоты (системный стабилизатор – PSS);

–регулирование тока возбуждения с точностью ±1% (регулятор тока ротора);

–поддержание заданного значения реактивной мощности генератора или коэффициента мощности (вторичные: регулятор Q, регулятор cosφ);

–изменение уставки указанных регуляторов со скоростью 0,5% в секунду в диапазоне от 80% до 110% номинального напряжения генератора;

–ограничение минимального тока возбуждения в функции активной и реактивной мощности генератора;

–ограничение перегрузок генератора по токам статора и ротора в соответствии с данными изготовителя генератора (времязависимые характеристики);

–ограничение двукратного значения тока ротора;

–уменьшение уставки регулятора при снижении частоты генератора от 49 Гц до 45 Гц с коэффициентом 2 % по напряжению на 1 Гц изменения частоты;

–устойчивое распределение реактивной мощности между генераторами с однотипными системами возбуждения, работающими на общие шины, без использования группового регулятора;
–работу с групповым регулятором напряжения;
–мягкий пуск (softstart) системы возбуждения с возрастанием напряжения генератора до 0,95 от номинального значения с последующей автоматической подгонкой напряжения генератора к напряжению сети с точностью ± 0,5%;
–разгрузку генератора по реактивной мощности при плановом останове генератора;
–режим ручного регулятора по реактивной мощности при плановом останове генератора;
–режим ручного управления током возбуждения в диапазоне от 0 до 110% при наладке системы возбуждения.

Выходными сигналами АРВ-ЭНС является последовательность импульсов управления тиристорным преобразователем. Углы управления изменяются в пределах от 0° эл. до 135° эл., частота напряжения синхронизации – от 20 Гц до 100 Гц, при этом ошибка по фазе составляет 0,1° эл. Выход регулятора также выдается в цифровом виде для возможности управления другими силовыми преобразователями.

Кроме основной функции регулирования возбуждения регулятор АРВ-ЭНС выполняет функции самоконтроля и самодиагностики, системы управления возбуждения (СУВ), защит системы возбуждения, ведения дневников событий, записи аварийных осцилограмм, поддержки операторской панели, коммуникации с системами управления более высокого уровня, в частности, с АСУ ТП. Состав этих дополнительных функций определяется при разработке конкретной системы возбуждения.

ПО состоит и двух компонентов: не зависящей от конкретной системы общей части (версия ARV) и системно-зависимой части (версия SYS)

Версия ARV	1.1 - для АРВ-ЭНС при установке в составе СТС, СТНР. 2.1 – для АРВ-ЭНС при установке в составе БСВ, ВЧ
Версия SYS	x.y.z – три числа (например 1.8.72) Эта часть зависит от конкретной системы, тип прошивки идентифицируется по внутрифирменному «номеру заказа» ООО «Электромаш» (например: STS-N016_v1.8.72)

● 2. Подготовка к работе с ПО

○ 2.1. Аппаратная часть

Регулятор АРВ-ЭНС состоит из следующих плат:

Плата	Функции
Плата базовая (ПБ)	Питание и дискретные сигналы (6 входов, 8 выходов) Токовые входы 8 шт. (+/- 25mA)
Плата аналогового ввода (ПАВ)	Подача напряжений генератора и сети, тока генератора, токов тиристорного преобразователя
Плата контроллера (ПК)	Интерфейс CAN Интерфейс USB для подключения к компьютеру LAN – интерфейс Ethernet (витая пара)

Регулятор вставляется в еврокрейт, в котором кроме него могут находиться второй регулятор (для систем возбуждения с резервированием), внешние модули формирования импульсов (для систем возбуждения с несколькими тиристорными мостами), коммуникационные модули с интерфейсами CAN, RS485, Ethernet и проч.

Для обмена информацией между АРВ-ЭНС и другими модулями крейта служит системная магистраль выполненная в виде плоского шлейфа с разъемами. Регулятор подключается к магистрали посредством двух разъемов, расположенных на его задней части.

Расширение числа дискретных входов-выходов обеспечивается внешними модулями ввода-вывода с интерфейсом CAN. Состав крейта и внешних модулей определяется при разработке конкретной системы возбуждения.
Ядром АРВ-ЭНС является плата контроллера (ПК), на которой установлен 32-разрядный микроконтроллер с плавающей запятой. Микроконтроллер содержит энергонезависимую flash-память, используемую для хранения программы. Для

хранения настроек регулятора и ведения дневников используется микросхема энергонезависимой памяти FRAM.

- **2.2. Подключение**
  - ●Для связи с ПК используйте USB-кабель или Ethernet (RJ-45).
  - ●Убедитесь, что питание (24 В постоянного тока) подано и находится в диапазоне 18–36 В.

● 3. Работа с ПО

- **3.1 Прошивка в процессе производства ПО**

На компьютере должна быть установлена программа STM32CubeProgrammer, номер версии не важен. Например может быть установлен в папку C:\App\ST\STM32CubeProgrrammer\

*На печатной плате ПК-168 регулятора АРВ-ЭНС на технологическом разъеме X1 установить джампер между контактами 3 и 5 (это делается еще до сборки АРВ-ЭНС, поскольку после сборки разъем X1 трудно доступен).

* Произвести подключение АРВ-ЭНС к USB-порту компьютера (используется USB-кабель TypeA – TypeA)

* Включить питание АРВ-ЭНС

* Запустить bat-файл Prog_ARV-ENS.bat (вызов прошивки через интерфейс командной строки). Пример bat-файла: (при необходимости путь exe-файла и названия hex-файлов изменить) @set CPEXE="C:\App\ST\STM32CubeProgrammer\bin\STM32_Programmer_CLI.exe" @%CPEXE% -c port=usb1 -d Boot_v11.hex -v -d ARV-ENS-TEST_v1.8.73.hex -v @pause

* Прошивка длится несколько секунд, при успешной прошивке все прогресс-индикаторы будут зеленого цвета, внизу будет надпись «Download verified successfully» (рис.1).

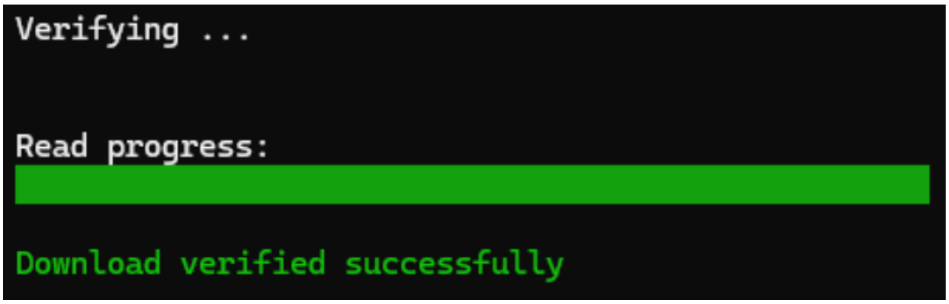


Рисунок 1

* Выключить питание АРВ-ЭНС

* Снять джампер с разъема X1

* Включить питание АРВ-ЭНС : убедиться что мигает зеленый светодиод - тестовая программа работает.

Замечание: процедуру первичной прошивки можно выполнить только на чистом (ни разу не прошивавшемся) чипе. При необходимости запустить процедуру первичной прошивки повторно предварительно нужно снять с чипа защиту с полным стиранием программы. Для этого нужно запустить bat-файл Unprotect.bat

Пример bat-файла: (при необходимости путь exe-файла изменить)

@setCPEXE="C:\App\ST\STM32CubeProgrammer\bin\STM32_Programmer_CLI.exe" @%CPEXE% -c port=usb1 -rdu @pause

Несмотря на появление надписи об ошибке (рис. 2):



Рисунок 2

Защита с чипа будет снята. Закрыть окно программы, выключить питание АРВ-ЭНС, подождать 3 секунды, включить питание АРВ-ЭНС. После этого первичную прошивку можно делать повторно.

-
- **3.2 Прошивка (обновление) рабочей программы**

Для первой прошивки рабочей программы (установки ее вместо тестовой прошивки) и при обновлении ПО (в процессе эксплуатации системы) используется программа ENS-Link разработки «ООО Электромаш» (государственная регистрация программ для ЭВМ: https://new.fips.ru/registers-doc-view/fips_servlet?DB=EVM&DocNumber=2024611016)

Программа ENS-Link должна быть предварительно установлена на компьютер, дистрибутив программы доступен по ссылке: https://enslink.ru

- Включить питание системы (в которую установлен АРВ-ЭНС)
- Подключиться к АРВ-ЭНС кабелем USB
- Запустить программу ENS-Link (рис. 3)

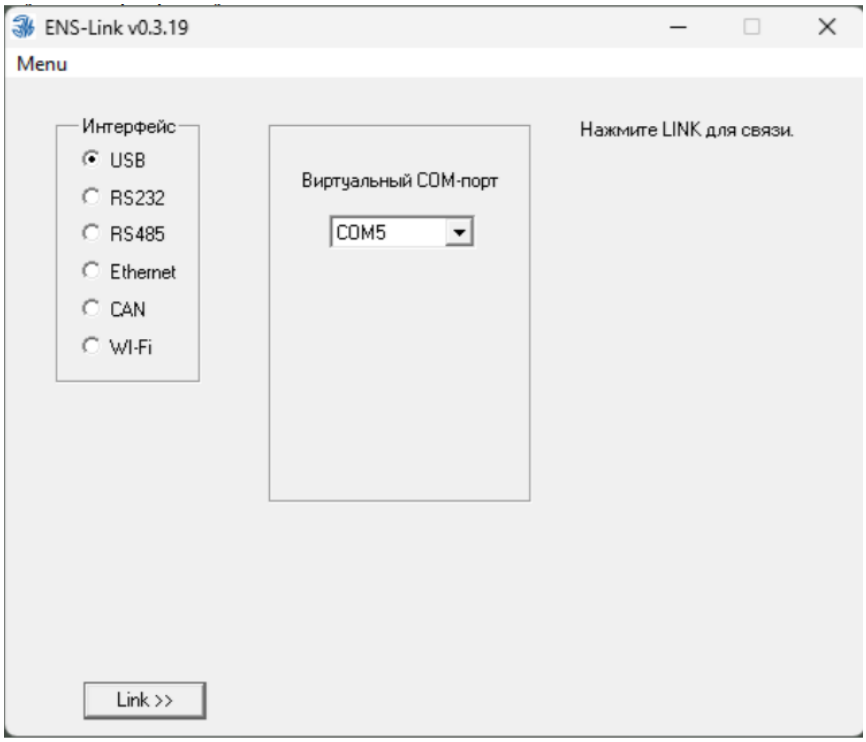


Рисунок 3

- Выбрать USB-интерфейс
- Нажать кнопку Link – откроется окно устройства (рис. 4)

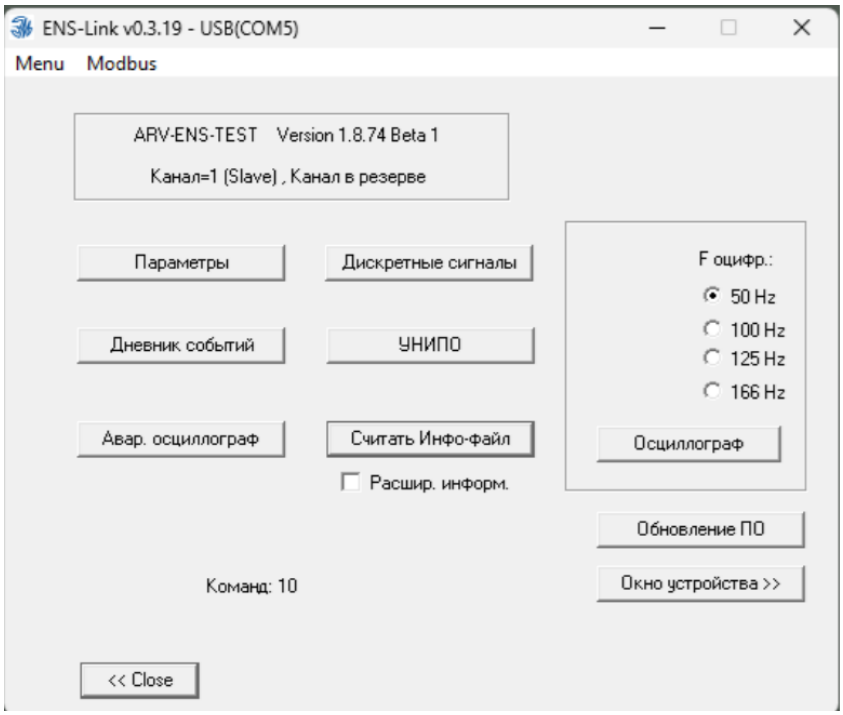


Рисунок 4

- Нажать кнопку «Обновление ПО» -откроется окно обновления (рис. 5):

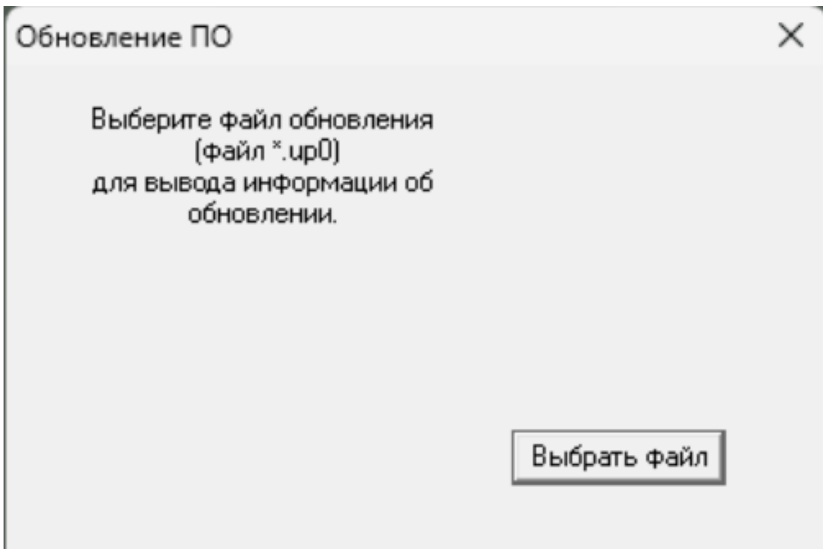


Рисунок 5

- Выбрать предоставленный производителем up0-файл (рис. 6)

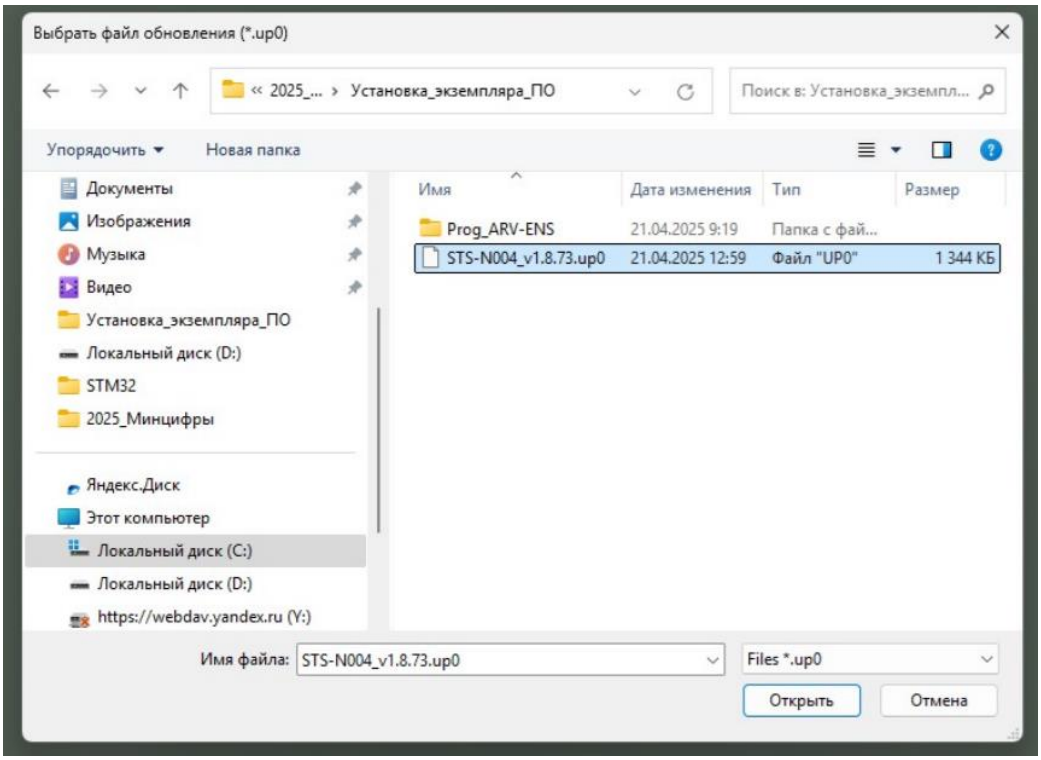


Рисунок 6

- Отобразится информация о старой (ранее установленной) и новой (подлежащей установке) версии ПО (рис. 7).

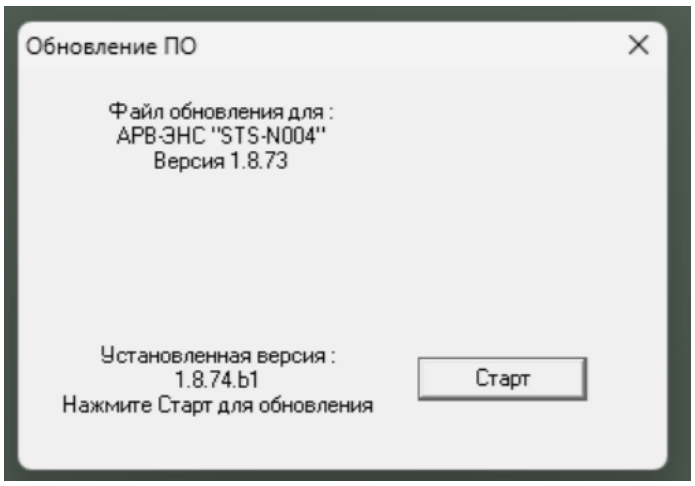


Рисунок 7

- Нажать кнопку “Start”
- После запуска обновления не отключайте питание до его завершения
- Процесс длится несколько десятков секунд и отображается прогресс-индикатором (рис. 8)

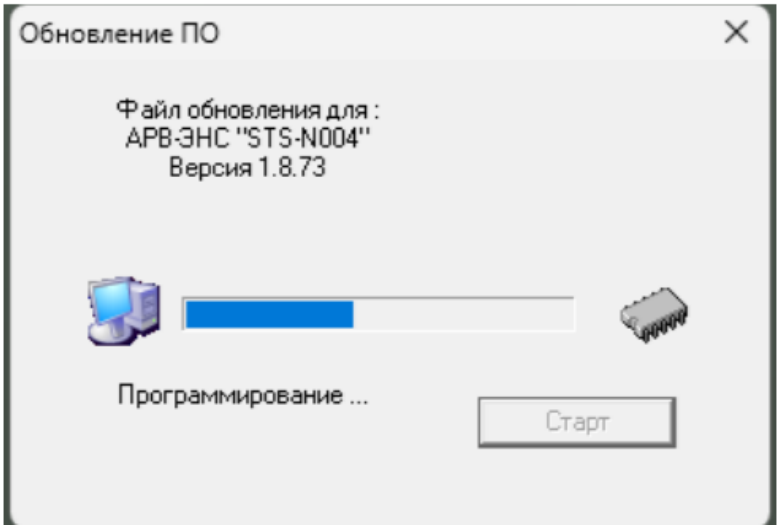


Рисунок 8

- Дождаться завершения процесса обновления (рис. 9).

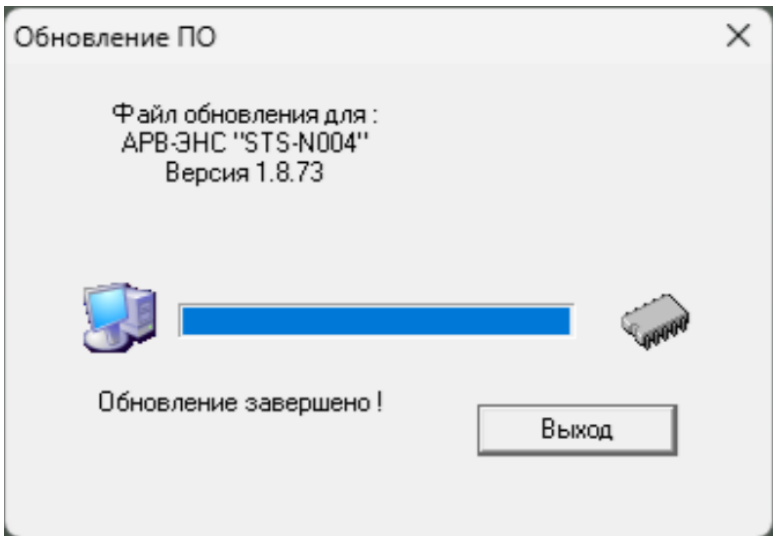


Рисунок 9

Нажать кнопку “Выход” - в окне устройства программы ENS-Link информация о версии ПО также обновится (рис. 10).

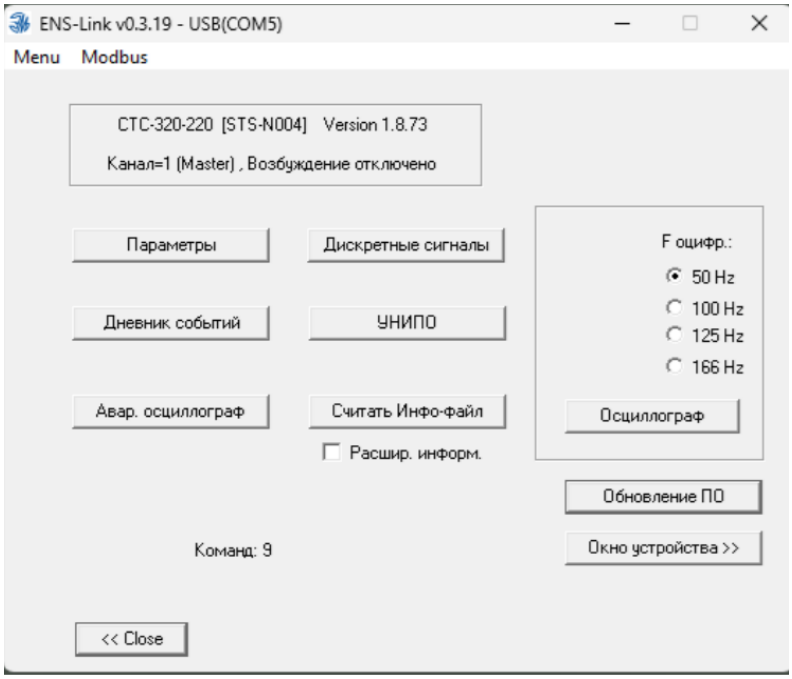


Рисунок 10

Помните, что при обновлении прошивки для АРВ в 2-канальной системе необходимо по очереди произвести обновление АРВ обоих каналов. При наличии дополнительной инструкции от ООО “Электромаш” для Вашей системы - обращайтесь к ней.

- **4. Описание системы регулирования возбуждения (СРВ)**
  - **4.1 Структурная схема формирования выходного сигнала Uрег**

Структурная схема формирования выходного сигнала Uрег показана на рисунке 11.

- **4.2 Общая схема регулирования для СТС**

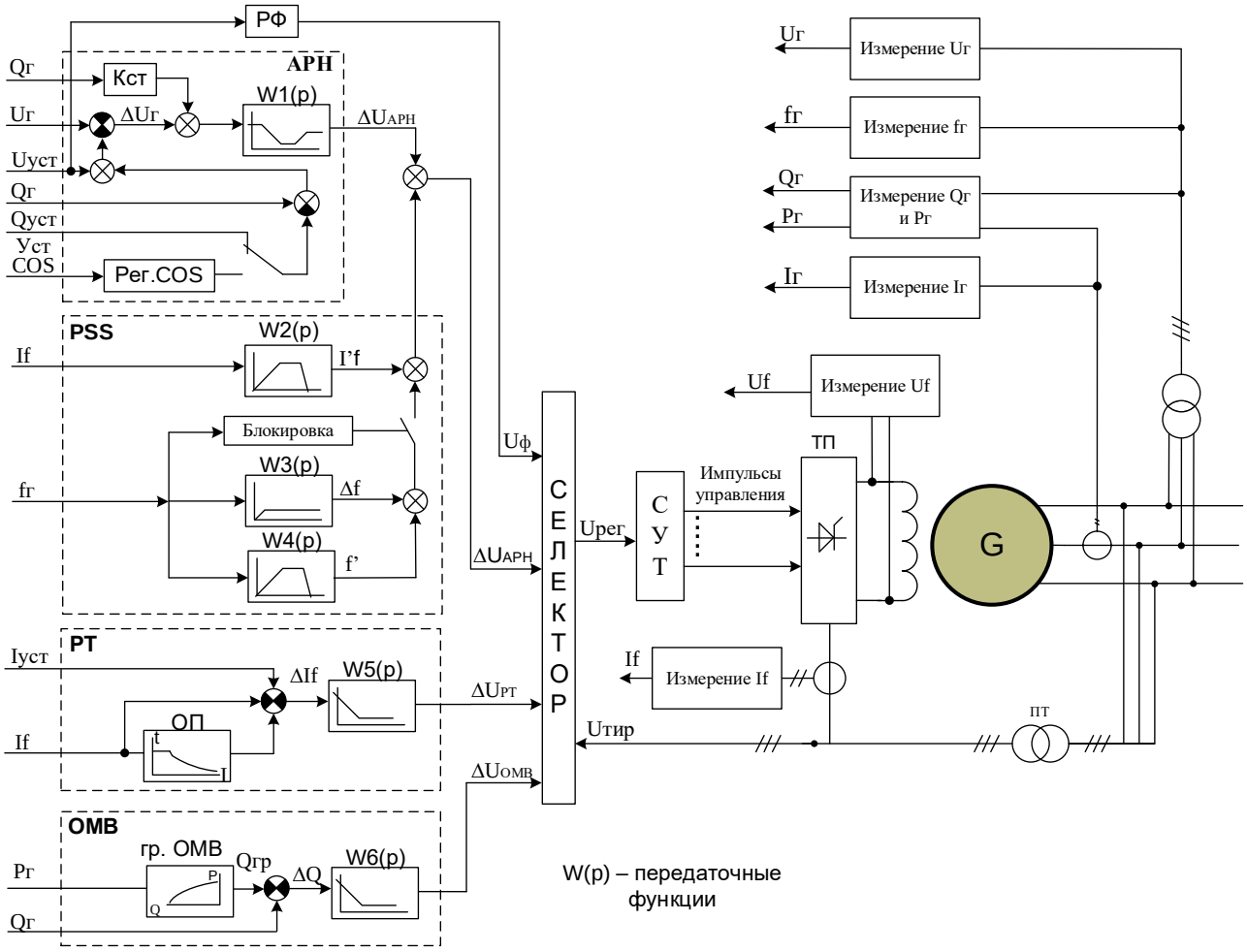


Рисунок 11. Структурная схема формирования Uрег для СТС

Здесь используются блоки, внутренняя структура которых будет описана далее:

АРН – автоматический регулятор напряжения

СУТ – система управления тиристорным преобразователем

ОМВ - ограничитель минимального возбуждения

ОП – ограничитель перегрузки

РФ - узел релейной форсировки

РТ - регулятор тока ротора

PSS – power system stabilizer (системный стабилизатор)

○ **4.3 Вычисление производных и отклонения частоты**

Блоки вычислений Ug’, If’, dFg, Fg’ базируются на единой функции, осуществляющей расчет сигнала с передаточным звеном:

$$\frac{T0*p}{(T1*p+1)*(T2*p+1)*(T3*p+1)}$$

Задаваемые параметры:

T1_U1,T2_U1, T3_U1 - постоянные времени дифференциатора Ug , с

T1_I1, T2_I1, T3_I1 - постоянные времени дифференциатора If , с

T1_F1, T2_F1, T3_F1 - постоянные времени дифференциатора Fg , с

T1_F0, T2_F0, T3_F0 - постоянные времени звена отклонения частоты, с

○ **4.4 Автоматический регулятор напряжения статора (АРН)**

Алгоритм работы регулятора напряжения статора (АРН) можно представить в виде следующих функциональных устройств:

формирования уставок регулятора Uуст;

формирователя уставки регулятора от воздействия оперативных команд «БОЛЬШЕ» или «МЕНЬШЕ»;

программного начального возбуждения до 95±5 % номинального напряжения генератора;

поддержания напряжения на выводах генератора в соответствии с заданной уставкой с точностью ±0,5 % относительно заданной статической характеристики. При этом значение статизма регулирования может устанавливаться в диапазоне от минус 30 до плюс 30 %;

изменения уставки со скоростью 0,5 % в секунду в диапазоне от 80 до 110 % номинального напряжения генератора;

стабилизацию режимов генератора при регулировании по отклонению частоты генератора и ее производной, а также производной тока ротора генератора;

автоматической подгонки напряжения статора генератора к напряжению сети при точной синхронизации;

форсирования возбуждения с настраиваемой уставкой реле форсировки при внезапных снижениях напряжения на выводах генератора относительно текущего значения напряжения генератора;

ограничения минимального тока возбуждения;

ограничения перегрузки ротора по время-зависимой характеристике в соответствии с данными завода изготовителя генератора;

устойчивого распределения реактивной мощности между однотипными генераторами, объединенными на уровне генераторного напряжения, без использования группового регулирования или поперечных уравнительных связей;

разгрузку генератора по реактивной мощности до нуля с точностью ±5 % от своего номинального значения по команде оператора, при перегреве преобразовательного трансформатора, при перегреве тиристорного преобразователя и при перегреве статора генератора;

постоянную подгонку выхода регулятора канала, находящегося в резерве, к выходу регулятора рабочего канала;

в режиме холостого хода при уменьшении частоты генератора от 49 до 45 Гц уменьшение уставки с коэффициентом 2 % по напряжению генератора на 1 Гц изменения частоты;

автоматического перехода на режим стабилизации тока ротора при отказе цепей напряжения обоих каналов регулирования;

режима ручного управления током возбуждения при снятии характеристик холостого хода и короткого замыкания генератора.

○ 4.5 Регулятор тока ротора (РТР)

Функцией регулятора тока ротора является автоматическое поддержание текущего значения тока возбуждения (пропорционально-интегральный закон регулирования) при исчезновении измеряемого напряжения статора генератора - отказ датчиков, либо отключение автоматов напряжения, а также при ограничении тока ротора в режиме его перегрузок. Есть также возможность перевода на регулятор по команде оператора.

Автоматический переход на регулятор РТР (аварийный регулятор тока ротора) происходит в следующих случаях:

отключился автоматический выключатель измерительного трансформатора напряжения;

произошёл перекос напряжения статора (пропала одна фаза).

Отключение автоматического выключателя трансформатора напряжения

Отключение автоматического выключателя трансформатора напряжения определяется по следующим критериям:

потеря измерений напряжения статора генератора: Uг < 0,5·Uгн;

отсутствует сигнал включённого состояния автоматического выключателя измерительного трансформатора напряжения.

Если данные условия соблюдены, то регулятор АРВ-ЭНС выполняет действия согласно алгоритму на рисунке 12.

Перекос напряжения статора генератора

Перекос напряжения статора генератора определяется следующим критерием:

отношение минимального линейного напряжения к максимальному линейному напряжению меньше 0,7.

Если данные условия соблюдены, то регулятор АРВ-ЭНС выполняет действия согласно алгоритму на рисунке 13.

Автоматический переход с аварийного регулятора тока ротора на регулятор АРН происходит, если в течение времени t_вых выполняется одно из следующих условий:

измерение напряжения статора генератора восстановилось;

в резервном канале восстановилась готовность к работе (при этом происходит переход на резервный канал регулирования).

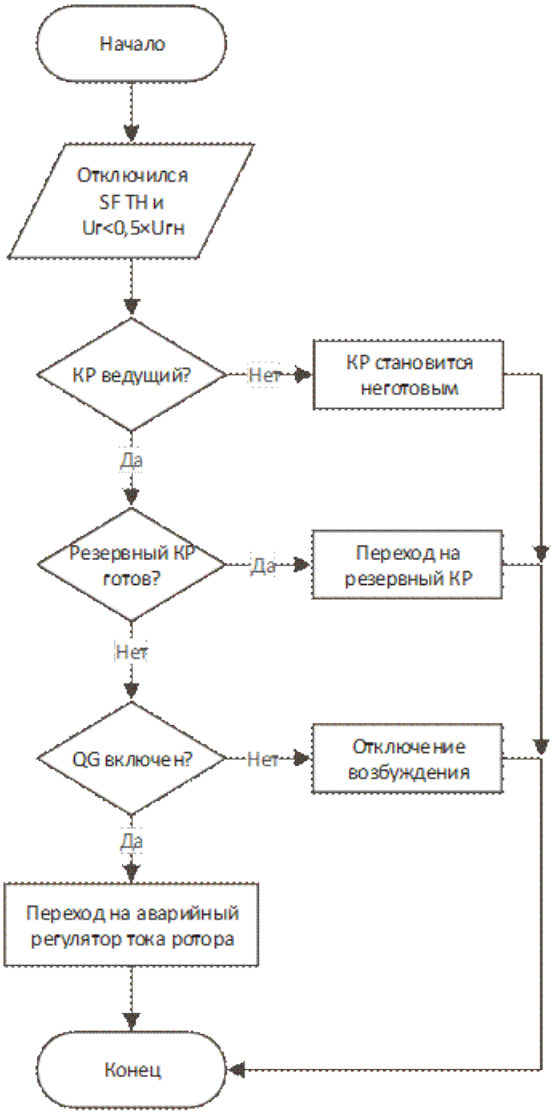


Рисунок 12. Отключение автоматического выключателя измерительного трансформатора

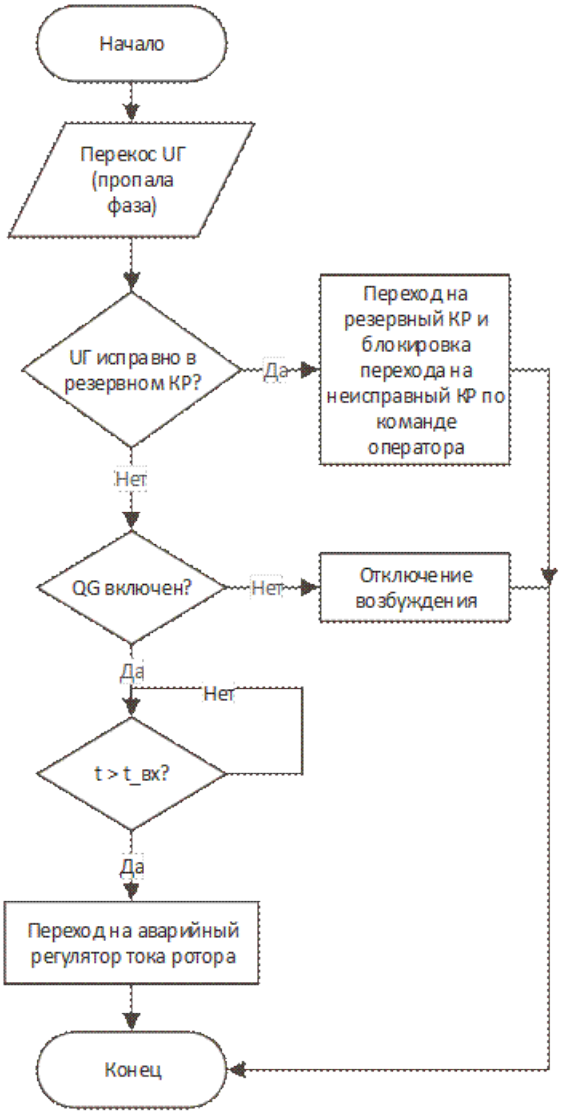


Рисунок 13. Перекос напряжения генератора (пропала фаза)

○ 4.6 Регулятор реактивной мощности (Регулятор Q)

Функцией регулятора реактивной мощности является автоматическое поддержание реактивной мощности генератора в соответствии с заданной уставкой с точностью не ниже ±5 % относительно заданной характеристики, а также, изменение уставки реактивной мощности со скоростью 0.01 о.е./с в диапазоне от 80 до 110 % номинального напряжения генератора.

Регулятор реактивной мощности реализован как вторичный регулятор – это регулятор напряжения генератора (АРН) с нулевым статизмом по реактивной мощности, в котором уставка напряжения Uуст регулируется таким образом, чтобы поддерживать реактивную мощность генератора Qg = Qуст. Скорость

изменения уставки Uуст составляет 1/(T/oe) при больших отклонениях Qg от Qуст и линейно снижается при |Qg – Qуст| < dQпод. При включенном регуляторе Q в цикле с периодом вызова 0.002 сек уставка регулятора АРН изменяется по следующему закону:

Uуст = Uуст + 0.002 /(T/oe) * V.

где V = +1, при Q < Qуст – T/oe;

V= –1, при Q > Qуст + T/oe;

V = (Qуст - Q)/(T/oe) в промежуточных случаях.

Для обеспечения безударного включения Q, уставка последнего отслеживает текущее значение реактивной мощности. При включении регулятора Q уставка Qуст устанавливается равной текущему значению реактивной мощности. Далее, по командам оператора «больше» или «меньше» устанавливается требуемое значение уставки регулятора Q. При отключении генератора от сети или автоматическом переходе на регулирование напряжения генератора уставка регулятора Q устанавливается равной нулю.

○ 4.7 Регулятор коэффициента активной мощности COS

Функцией регулятора коэффициента активной мощности cos является автоматическое поддержание cos генератора в соответствии с заданной уставкой с точностью не ниже ± 5 % относительно заданной характеристики, а также, изменение уставки Уг_уст со скоростью 0,75 гр/с в диапазоне от fi_min до fi_max.

В качестве уставки регулятора COS используется угол Уг_уст выраженный в относительных единицах oe (угол в градусах, делённый на 90). Полуокружности PQ-диаграммы соответствует диапазон Уг_уст от минус 1 до плюс 1. Угол Уг_уст изменяется в диапазоне fi_min ≤ Уг_уст ≤ fi_max. Углы fi_min и fi_max вычисляются при помощи параметров CosMin- и CosMin+ следующим образом:

fi_min = −arccos(CosMin-) * 2/π;

fi_max = +arccos(CosMin+) * 2/π

Регулятор COS реализован во всём диапазоне активной мощности P, как вторичный регулятор реактивной мощности Q с уставкой:

Qуст = Pср · tg(Уг_уст),

где Pср – усреднённое за время T_Pср значение активной мощности двигателя P.

При этом скорость изменения уставки Qуст данного регулятора задаётся параметрами T/oe и dQ.

○ 4.8 Система управления возбуждением (СУВ)

Программный модуль системы управления возбуждением СУВ выполняет операции приёма и отработки команд оператора и защит, функции контроля, управления и мониторинга системы возбуждения, а именно:

сбор информации о состоянии (включено, отключено) всей коммутационной аппаратуры, включая автоматические выключатели системы возбуждения генератора;

анализ состояния аппаратуры управления на основе собранной информации, и принимает решение о переводе на резервный канал регулирования, запрет форсировки и/или ограничения режима работы генератора.

автоматический переход на резервный канал при появлении сигнала неисправности какого-либо из каналов КР1 или КР2 производится с одновременной сигнализацией, выдаваемой во внешние цепи по сигналу «Вызов на щит»;

выбор канала регулирования перед начальным возбуждением осуществляется по команде с щита управления или с местного управления.

Запись всей информации о работе системы возбуждения и генератора в память контроллера с указанием последовательности событий.

параметры режима работы генератора, ограничение режимов его работы (перегрузка или перегрев ротора или статора, работа в режиме ограничения минимального возбуждения);

использовании всего регулировочного диапазона (уставка максимальная, либо минимальная);

неисправности системы возбуждения, срабатывание защит системы возбуждения либо генератора.

○ 4.9 Ограничитель перегрузки ОП

При снижении напряжения на шинах генератора регулятор АРН увеличивает ток возбуждения. Его величина может превысить номинальное значение, что ведет к перегреву ротора. За нижнюю границу режима перегрузки

принимается факт превышения тока ротора выше значения параметра Iдлит. За верхнюю границу принимается допустимая величина ограничителя по току ротора. Программный модуль ОП ограничивает время работы генератора в режиме перегрузки. Границей допустимых перегрузок является характеристика, отстраиваемая от характеристики, задаваемой заводом изготовителем генератора так, что допустимое время перегрузок смещено в сторону уменьшения.

Характеристика перегрева задается в меню. При этом данная характеристика задаётся следующим образом. В первом пункте значение кратности перегрузки I должно быть наименьшим, а значение времени T должно быть наибольшим. В пункте 2 значение кратности перегрузки I должно быть больше, чем в пункте 1, но меньше, чем в пункте 3. Значение времени T в пункте 2 должно быть меньше чем в пункте 1, но больше чем в пункте 3. Таким же образом характеристика вводится для всех последующих пунктов. В соответствии с этим в пункте 8 значение кратности перегрузки I должно быть наибольшим, а значение времени T должно быть наименьшим. Получившиеся точки 1…8 соединяются между собой методом кусочно-линейной аппроксимации. Следует учесть, что из точек 1…8 используется только то количество, которое задано параметром Число точек. Для точки Iдлит значение времени T асимптотически уходит в бесконечность, и данная точка соединяется с точкой 1 так же методом кусочно-линейной аппроксимации. Общий вид характеристики перегрева представлен на рисунке 14.

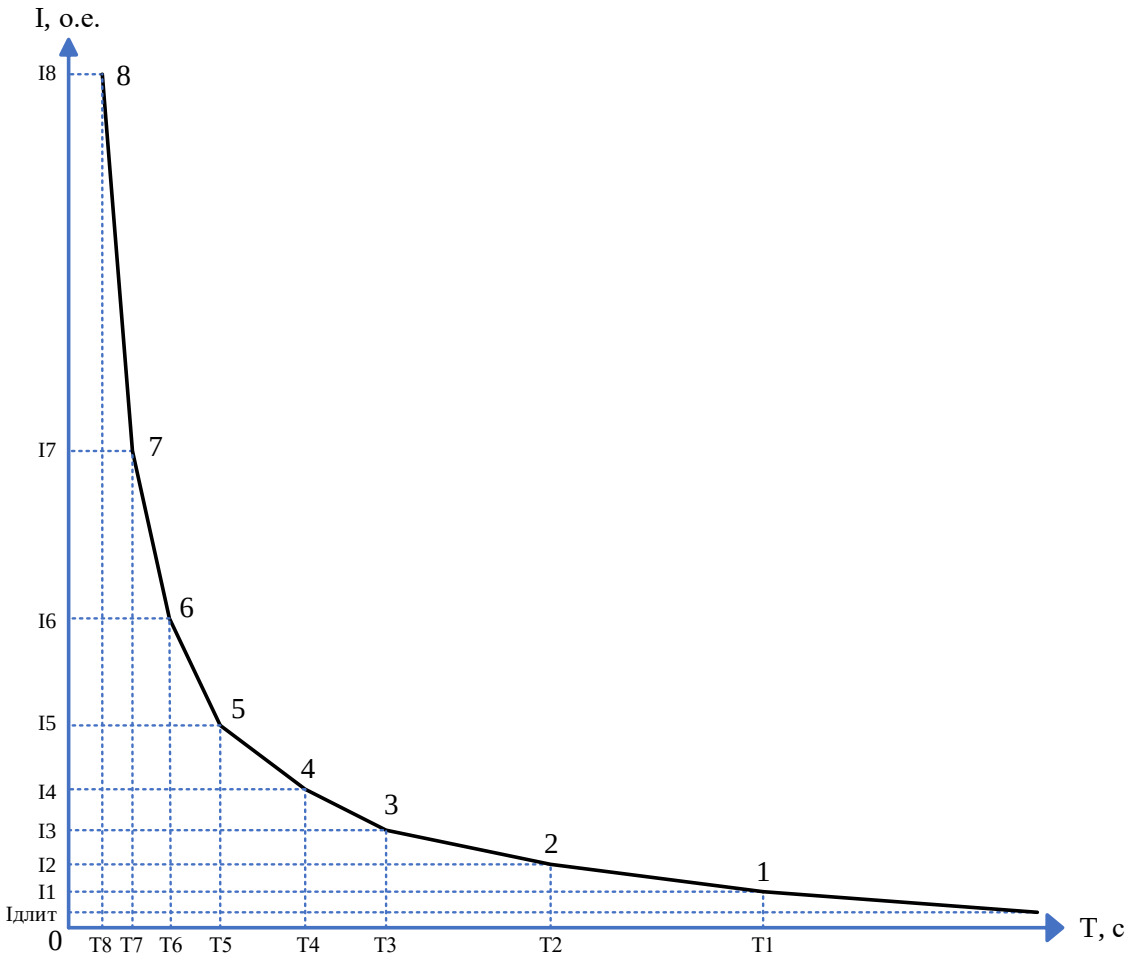


Рисунок 14. Характеристика перегрева

Модуль ОП вступает в работу с переходом значения тока ротора через пороговую величину Iдлит. Запоминается текущее значение напряжения генератора. При превышении током ротора значения Iв_вкл, выдаётся сигнал «Перегрузка» через время t_зад, если в меню УНИПО разрешена выдача данного сигнала по току ротора. При снижении тока ротора ниже значения Iв_откл сигнал «Перегрузка» снимается также через время t_зад. На основании токо-временной характеристики, введённой в меню, определяется функция T(Iв), зависимость времени нагрева от тока ротора. Исходя из функции T(Iв) начинает считаться косвенный показатель величины перегрева ротора – тепловой интеграл (ТИ). Скорость накопления ТИ определяется следующим образом:

$$ТИ(□ + □□) = ТИ(□) + □(□в) \cdot □□$$

Где dt = 2 мс; V(Iв) = 1/T(Iв).

Если ток ротора Iв > Iдлит, то ТИ увеличивается, а если Iв < Iдлит, то – снижается. Таким образом учитываются процессы нагрева и остывания ротора.

При выходе за границу допустимой перегрузки – когда значение ТИ достигло значения Инт. раз, АРВ переводится на параметрический регулятор тока ротора через время t_вх и ток ротора принудительно уменьшается до величины Iв_разг. Затем начинается плавное снижение уставки напряжения Uуст, со скоростью Т/ое, до тех пор, пока регулятор не перейдет в режим АРН при Iв = Iв_разг. В этом режиме происходит процесс остывания. Так же в данном режиме выдаются сигналы «Ограничитель режима СТС», «Ограничитель тока ротора» и «Перегрев». Длительность процесса остывания принята равной 20 мин. (время остывания настраивается при помощи параметра Тост). Если режим энергосистемы изменился во время остывания таким образом, что ток возбуждения снизился ниже величины Iв_раз (напряжение генератора превысило запомненное значение), то процесс остывания будет происходить быстрее. Если по истечении процесса остывания (значение интеграла стало равно нулю) режим энергосистемы не изменился (напряжение генератора не превысило запомненное значение), то ток возбуждения ограничится на значении Iв_ост.

○ 4.9 Ограничитель перегрузки статора ОПС

При увеличении тока статора выше значения Iдлит, наступает режим перегрузки – рассчитывается косвенный показатель величины перегрева статора – интеграл перегрузки. При превышении током статора значения Iг_вкл, выдаётся сигнал «Перегрузка» через время t_зад, если разрешена выдача данного сигнала по току статора. При снижении тока статора ниже значения Iг_откл, сигнал «Перегрузка» снимается также через время t_зад. С увеличением длительности перегрузки значение теплового интеграла растёт; при снижении тока статора до значения Iдлит и ниже – тепловой интеграл снижается, то есть также, как и у ротора, учитываются процессы нагрева и остывания статора. Принцип накопления теплового интеграла ТИ такой же как у ограничителя перегрузки ротора. При накоплении теплового интеграла значения Инт. Ост, регулятор возбуждения включает процесс разгрузки по реактивной мощности и, при достижении режима Q = 0, ожидается, что процесс перегрева прекратится, и статор начнет остывать. В данном режиме выдаются сигналы «В работе регулятор Q», «Ограничитель режима СТС», «Ограничитель тока статора» и «Перегрев». Блокируется действие форсировки. Длительность процесса

остывания принята равной 20 мин, если ток статора равен. По окончанию режима остывания продолжается работа на регуляторе Q.

○ 4.10 Ограничитель минимального возбуждения ОМВ

При воздействии на уставку «Меньше» регулятора АРВ-ЭНС или при возрастании напряжения на шинах генератора регулятор АРН снижает ток возбуждения. При определенном значении тока возбуждения генератор может потерять устойчивость – выпасть из синхронизма. Программный модуль ОМВ решает задачу исключения явления потери устойчивости, ограничивая минимальное значение тока возбуждения значением, зависящим от реактивной и активной мощности генератора. Граница режима ОМВ на диаграмме P−Q режимов работы генератора представляет собой кривую, проходящую через точки с координатами (Pн, Q1) и (P = 0, Q_0), где Q_0 – значение реактивной мощности при нулевом значении активной мощности. Значение реактивной мощности Q1 при работе генератора с номинальной активной мощностью и реактивной мощностью выбирается в диапазоне от минус 0,4·Qн (номинальной реактивной мощности в единицах полной мощности) до 0 при настройке системы возбуждения. При достижении границы ОМВ регулятором запрещается дальнейшее снижение тока возбуждения через время t_вх, выдаётся сигнал «ОМВ», генератор остается в работе с разрешенным минимальным значением тока возбуждения до момента, когда напряжение электрической сети снизится до нормальных значений. После восстановления напряжения электрической сети регулятор выходит из режима ОМВ через время t_вых.

Принцип построения линии границы ОМВ

Схематически принцип построения линии границы ОМВ представлен на рисунке 15. Граница построена в относительных единицах, за базис принимается полная мощность генератора S. Граница режима ОМВ на диаграмме P−Q задаётся в меню, количество точек границы задаётся в меню, максимум возможно 8 точек. В точке 1 должно вводиться наименьшее значение P. В остальных точках, значение P должно быть больше, чем в предыдущих точках. Для значений Q ограничений не накладывается. Линия границы ОМВ представляет собой кривую, проходящую через точки. Между точками линия границы ОМВ соединяется прямыми отрезками. При достижении точки с наименьшим значением P, линия границы ОМВ продолжается параллельно оси P. При достижении точки с наибольшим значением P, линия границы ОМВ

продолжается пока не достигнет оси P и далее продолжается параллельно оси P. Если же точка границы ОМВ с наибольшим значение P лежит в области выдачи реактивной мощности Q, то при достижении данной точки линия границы ОМВ просто продолжается параллельно оси P.

В режиме ОМВ к ПИ-выходу Uомв_pi также может быть добавлены сигналы производной напряжения и системного стабилизатора.

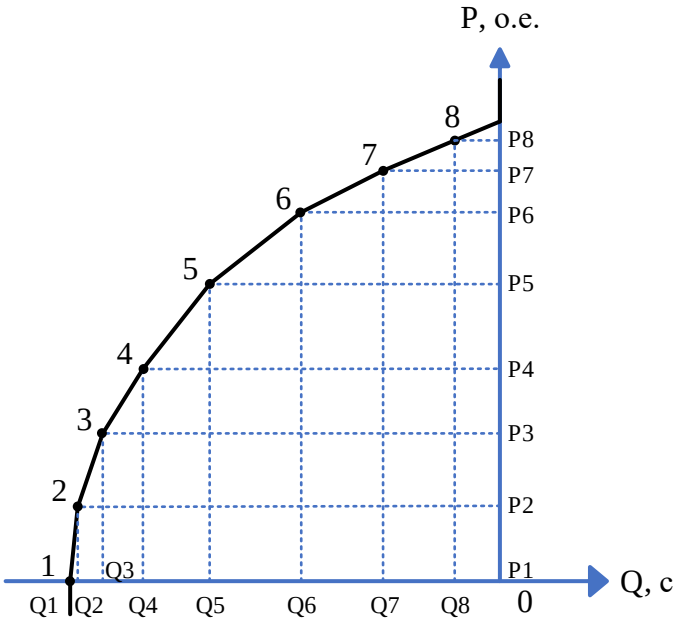


Рисунок 15 Характеристика ОМВ

- **4.11 Ограничитель тока ротора ОТР**

Форсировка возбуждения имеет независимые пороги включения Кф_вх и отключения Кф_вых. Так же есть настраиваемые параметры задержки ввода t_вх и снятия t_вых форсировки. Алгоритм работы форсировки возбуждения может быть всегда включен или всегда заблокирован при помощи параметра Блок. РФ.

На рисунке 16 изображена диаграмма работы режима форсировки возбуждения с ограничением тока ротора ОТР. При снижении напряжения генератора Uг ниже значения Кф_вх · Uуст(АРН) включается триггер через время t_вх и формируется сигнал s_rf в селектор. Вход триггера S более приоритетный, чем вход R. При включении режима форсировки возбуждения тиристорный преобразователь переводится в режим полного открытия. После достижения тока ротора значения Iв_max включается триггер блока ОТР через время t_вх, и выдаётся сигнал s_otr в селектор. Включается режим ОТР, при

котором система возбуждения переводится на регулятор тока ротора РТР с уставкой Iв уст = Iв_max. Система возбуждения продолжает работать в таком режиме либо до момента отключения режима форсировки возбуждения, либо до включения режима перегрева. Режим форсировки возбуждения отключается после того, как напряжение генератора Uг станет больше значения Кф_вых · Uуст(АРН) в течении времени t_вых После отключения режима форсировки возбуждения система возбуждения переходит на регулятор с уставкой, которые были до момента включения режима форсировки возбуждения.

При работе на регуляторе АРН или на регуляторе COS возможны режимы, при которых при снижении напряжения генератора Uг ограничитель тока ротора включается раньше, чем напряжение генератора достигнет значения Кф_вх · Uуст(АРН). В данном случае после того, как напряжение генератора Uг превысит текущее значение уставки регулятора АРН Uуст, происходит выход из режима ограничения тока ротора. Вход и выход в ограничитель тока ротора при этом происходит с задержками, настраиваемыми при помощи параметров t_вх и t_вых.. Алгоритм работы ограничителя тока ротора может быть всегда включен или всегда заблокирован при помощи параметра Бл. Огр. Iв.

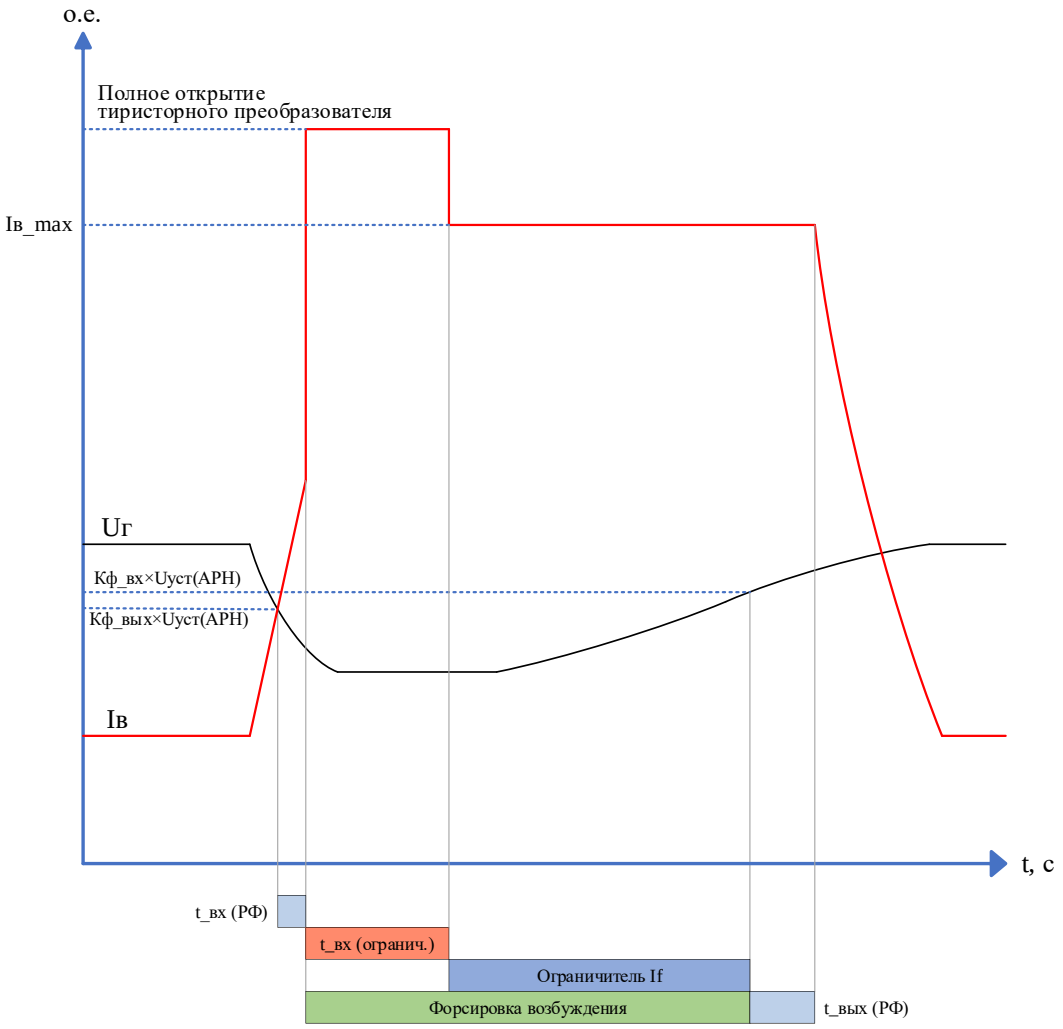


Рисунок 16. Диаграмма работы форсировки возбуждения с ограничителем тока возбуждения

○ 4.12 Частотные каналы системного стабилизатора (ЧКСС)

При одновременном увеличении напряжения статора генератора и частоты напряжения статора, либо при одновременном снижении этих режимных параметров частотные каналы системной стабилизации затягивают восстановление напряжения статора генератора на значение уставки, так как они воздействуют в противоположную сторону. Для избавления от этого эффекта применяется алгоритм блокировки ЧКСС, который при срабатывании отключает ЧКСС.

Выходной сигнал Uчк формируется как сумма сигналов отклонения частоты и производной частоты с коэффициентами K0F, K1F соответственно. Выход может блокироваться — как параметром общей блокировки block_pss, так и схемой временной блокировки частотного канала.

Цель временной блокировки - произвести селекцию события «волна частоты» при отключении/включении генераторов в энергосистеме от событий при КЗ или отключении/включении линии.

Блокировка вводится по критерию одновременного повышения напряжения

Ug>Uуст*Ug_p при dFg > +dF_pss_on (время) и Fg' > +F1_pss_on (время)

или Ug< Uуст*Ug_m при dFg < -dF_pss_on (время) и Fg' < -dF1_pss_on (время)

Сравнение Fg’ - только при use_dF1=1 , при use_dF1=0 условие выполнено всегда.

Блокировка отключается при возврате dFg. Для блокировки по повышению/снижению частоты - свой триггер состояния блокировки и своя схема его установки/сброса. Так же в зависимости от параметра unblock_sync момент отключения может быть синхронизован с моментом перехода выхода частотного канала через "0" из отрицательного значения в положительное. На схеме использован блок выделения такого перехода, на его выходе - импульс длительностью в один цикл регулирования. В режиме ОМВ для вычисления порогов вместо Uуст используется усредненное напряжение генератора (если оно выше Uуст.). Дополнительно алгоритм блокировки отключается на время T_pss_RF после релейной форсировки. Входы триггера S более приоритетные, чем входы R.

Задаваемые параметры:

K0F - Коэфф. сист. стаб. по отклонен. частоты, о.е/Гц

K1F - Коэфф. сист. стаб. по производн. частоты, о.е*с/Гц

Ug_p - Min Ugen для блок. частотного канала при росте Fg, о.е

Ug_m - Max Ugen при блок. частотного канала при спаде Fg, о.е

dF_pss_on - Порог отклонения dFg для блокировки частотного канала, Гц

F1_pss_on - Порог dFg/dt для блокировки частотного канала, Гц/сек

use_dF1 - Использовать dFg/dt при блокировке (0/1)

T_pss_on - Время срабатывания блокировки частотного канала, с

T_pss_RF - Задержка блокировки частотного канала после РФ, с

unblock_sync - Синхронизация момента разблокировки (0/1)

T_U_mid - Время усреднения Ug, с

block_pss - Блокировка частотного канала (общая)

○ 4.13 Цифровое осциллографирование

Автоматический регулятор возбуждения АРВ-ЭНС имеет функцию осциллографирования установившихся, переходных и аварийных режимов работы синхронного генератора и его системы возбуждения. Каждая осциллограмма (запись) содержит отметки времени и даты. Для записи осциллограмм используется энергонезависимая память, поэтому при потере питания записи не теряются. Осциллографируются следующие параметры режима работы генератора:

- линейные напряжения генератора $U_{ав}$, $U_{вс}$, $U_{са}$;
- среднее линейное напряжения генератора Us;
- фазные токи статора генератора I_a, I_b, I_c;
- средний ток статора генератора по трём фазам Is;
- напряжение возбуждения U_f ($U_в$);
- ток возбуждения I_f ($I_в$);
- частота напряжения статора F;
- активная мощность генератора P;
- реактивная мощность генератора Q;
- линейные напряжения на входе тиристорного преобразователя UTab, UTbc, UTca;
- фазные токи первичной обмотки выпрямительного трансформатора IvtA, IvtB, IvtC;
- виртуальный выходной сигнал АРВ - U_{exc};
- код состояния регулятора State*0.1;
- метка фиксации изменения режима работы генератора Write*0.15;
- метка фиксации срабатывания защиты системы возбуждения Prot*0.25;
- метка фиксации срабатывания релейной форсировки RF*0.35;
- метка фиксации синхронизации генератора с энергосистемой (включен выключатель QG) Net*0.45;

- метка того, что канал регулирования (с которого загружена аварийная осциллограмма) является мастером Master*0.55.

Запись производится на флэш SD-карту. В данной версии программного обеспечения цифрового осциллографа поддерживаются только промышленные (industrial) карты памяти micro SD с файловой системой FAT-16 (карты SDHC не поддерживаются) емкостью до 2 ГБ. Карта вставляется в регулятор отформатированной, но пустой в том виде, как она получена от производителя карты.

При первом включении регулятора с новой флэш-памятью в корневом каталоге карты создается 500 файлов одинаковой длины. Запись одной осциллограммы может занимать один или более файлов. Каждая новая запись начинается с нового файла. Файлы при записях перебираются последовательно. При достижении последнего файла последующая запись будет идти в первый файл и т.д., то есть новый файл затирает самый старый на карте. Дата и время начала записи файла содержится в теле файла.

Частота дискретизации записываемых аналоговых сигналов выбирается пользователем в диапазоне от 500 до 33 Гц, т.е. период дискретизации задается в диапазоне от 1 до 30 мс. В программе настройка осциллографа частота дискретизации Fдк задается параметром «делитель F» $F_{дк} = F_{max}$/делит.F, т.е. при задании «делит.F» = 2 частота дискретизации равна $F_{дк}$ = 500 Гц/2 = 250 Гц.

Этот же параметр определяет длительность записи режима, предшествующему событию, вызвавшему запись данных, т.е. $\Delta\ t_{уст}$ = 0,5·«делит.F». При записи осциллограмм с частотой дискретизации $F_{дк}$ = 500 Гц интервал для записи доаварийного режима составляет $\Delta\ t_{уст}$ = 0,5 с; соответственно при записи процессов с частотой $F_{дк}$ = 250 Гц на осциллограмме будет представлен доаварийный режим длительностью в 1 с. Общее время записи ограничивается емкостью памяти SD-карты.

В программе осциллографирования имеется два основных режима, выбираемых с помощью параметра «ЦИКЛИЧЕСКАЯ ЗАПИСЬ» - режим «ЧЕРНЫЙ ЯЩИК» и режим «АВАРИЙНЫЙ ОСЦИЛЛОГРАФ». Если режим циклической записи включен, запись запускается автоматически при включении возбуждения и ведется непрерывно до момента отключения возбуждения

(«ЧЕРНЫЙ ЯЩИК»). При заполнении одного файла происходит переход на следующий файл и так далее.

Режим «АВАРИЙНЫЙ ОСЦИЛЛОГРАФ», который включается при отключении режима «ЦИКЛИЧЕСКАЯ ЗАПИСЬ», предназначен для записи аварийных и переходных процессов. В этом режиме осциллографирования запись процессов на SD-карту в установившихся или медленно меняющихся (квазиустановившихся) режимах работы генератора не ведется. Запись включается автоматически по факту изменения режима работы генератора, а именно по изменению любого из нижеперечисленных факторов: при форсировке; при внезапном изменении напряжения или тока статора; при внезапном изменении напряжения или тока возбуждения; при изменении состояния АРВ-ЭНС. Под состоянием регулятора (state) понимается выполнение АРВ востребованной на данный момент функции (см. таблицу 1).

Таблица 1. Состояния регулятора

State (состояние)	State·0,1 (состояние на осциллограмме)	Состояние регулятора
0	0,0	Возбуждение отключено
1	0,1	Развозбуждение
3	0,3	Разомкнутый контур регулирования
4	0,4	Пуск
5	0,5	Регулятор тока ротора (РТР)
6	0,6	Регулятор напряжения (АРН)
7	0,7	Регулятор cosφ
9	0,9	Регулятор Q
10	1,0	Ограничение минимального возбуждения
11	1,1	Ограничение тока возбуждения
12	1,2	Аварийный регулятор тока ротора
14	1,4	Разгрузка по Q
15	1,5	Разгрузка по току возбуждения (остывание)

Запись отключается автоматически по заполнению файла или при отключении возбуждения (переход в состояние 0). В осциллограмму входит запись предаварийного процесса с указанной выше длительностью. Новая осциллограмма будет записана в следующий файл.

Также осциллографирование можно запускать вручную с помощью УНИПО или с помощью программы ENS-Link. Эта запись запускается независимо от состояния регулятора АРВ-ЭНС (в том числе и в состоянии «ВОЗБУЖДЕНИЕ ОТКЛЮЧЕНО»), независимо от настройки «ЦИКЛИЧЕСКАЯ ЗАПИСЬ». Основная особенность этой записи в том, что по исчерпанию текущего файла запись переходит на следующий файл. Запись, запущенную вручную, можно завершить только вручную. Если запись процесса уже запущена автоматически, то запись вручную не запустится. Точно также автоматическую запись завершить вручную нельзя.

Считывание осциллограмм на flash-память

Считывание осциллограмм и дневников событий возможно также, если вставить flash-память в разъём USB на регуляторе АРВ-ЭНС. Далее потребуется перейти в меню УНИПО Информация. В данном меню есть следующие пункты:

|6 Информ. → Flash |

|7 Осцилл. → Flash |

Если нажать на пункт «Информ. → Flash», то появится окно, показанное на рисунке 17. При нажатии на кнопку «ENT», выполнится считывание текущего дневника событий с канала регулирования к которому подключена flash-память.

Если нажать на пункт «Осцилл. → Flash», то появится окно выбора существующих аварийных осциллограмм, показанное на рисунке 18. Клавишами «∧» и «∨» производится выбор требуемой осциллограммы, чтобы подтвердить выбор, потребуется нажать на кнопку «ENT». После этого появится окно, показанное на рисунке 19 В данном окне представлена более подробная информация о выбранной осциллограмме.



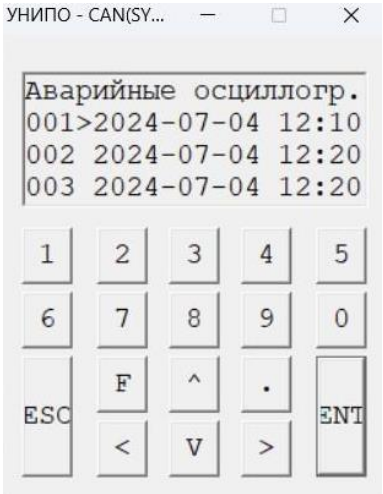


Рисунок 17 – копирование информации на flash-память через УНИПО

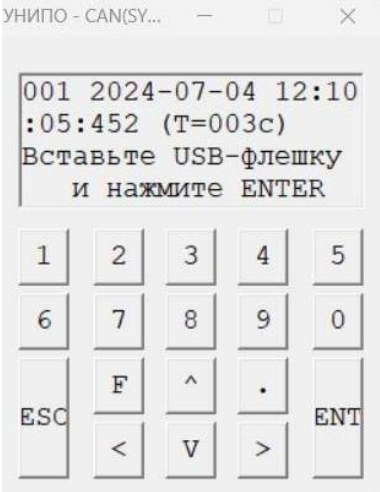


Рисунок 18 – выбор осциллограммы для считывания на flash-память через УНИПО



Рисунок 19 – выбранная осциллограмм для считывания на flesh-память

Рисунок 20 – окно подтверждения завершения записи осциллограммы на flash-память

В данном окне, показанном на рисунке 19, при нажатии на кнопку «ENT», запустится процесс считывания осциллограммы на flash-память. По завершении считывания появится окно, показанное на рисунке Рисунок 20, подтверждающее, что считывание осциллограммы на flash-память выполнено. После чего, потребуется нажать на кнопку «ENT» или «ESC». Если требуется, можно выполнить считывание других осциллограмм таким же образом. Осциллограммы считываются в формате «.REC». Для их чтения, требуется запустить программу ENS-Link. Далее перейти в меню ENS-Link → Menu → Просмотр осциллограмм. В появившемся окне необходимо выбрать считанную осциллограмму, после чего появится окно, показанное на рисунке Рисунок 21. Работа с данным окном подробно описана в разделе «Аварийный осциллограф» в руководстве, которое можно открыть в программе ENS-Link, если перейти в меню ENS-Link → Menu → Рук-во пользователя.

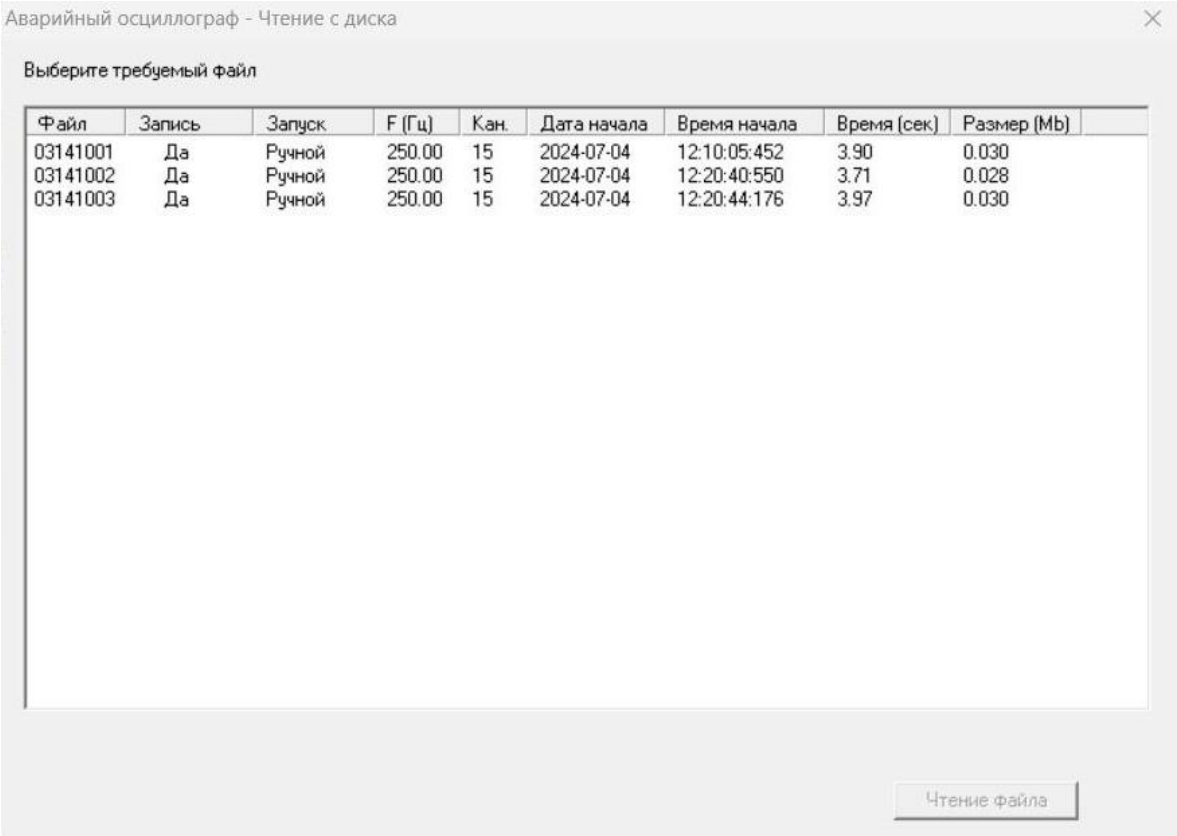


Рисунок 21 – Выбор осциллограммы для чтения

5. Комплекс защит системы возбуждения

Программный модуль защит входит в каждый канал регулирования, при этом в работе всегда находятся оба модуля независимо от того, выполняет ли канал регулирования КР1 или КР2 функции регулятора возбуждения, либо находится в резерве. Поэтому при срабатывании защит в любом канале выдается сигнал на отключение возбуждения, что значительно повышает надежность работы защитных функций системы возбуждения.

Программно выполняются следующие защиты от:

- потери возбуждения (ПВ);
- повышения напряжения генератора в режиме холостого хода (ПН);
- перегрузки по току ротора (ПР);
- снижения частоты в режиме холостого хода генератора (СЧ);
- несимметричного режима работы тиристорного преобразователя (НР);

- превышения длительности форсировки (ПДФ);
- неуспешного начального возбуждения (ННВ);
- короткого замыкания на шинах постоянного тока тиристорных преобразователей (КЗК);
- превышения кратности форсировки (ПКФ);
- перегрева тиристорного преобразователя (ЗПТП);
- токовая отсечка преобразовательного трансформатора (ОТ);
- максимальная токовая защита преобразовательного трансформатора (МТЗ).

Защиты, реализованные аппаратно, от:

- замыкания на землю в цепях ротора генератора в одной точке (ЗЗ);
- перегрева преобразовательного трансформатора (ЗПТ);
- перенапряжений на обмотке возбуждения (ЗП);
- неисправности двух каналов регулирования.

○ 5.1 Защита от потери возбуждения (ПВ)

Защита построена на принципе контроля реактивной мощности генератора. При потере возбуждения реактивная мощность на выводах генератора имеет индуктивный характер и значение меньше, чем граница ОМВ, поэтому по снижению реактивной мощности можно судить о вхождении генератора в режим потери возбуждения. Для отстройки от ложных срабатываний введено дополнительное условие: ток возбуждения должен быть ниже 0,1 (0,05÷0,2) номинального тока ротора (настраивается через меню УНИПО п. 4582).

Условия срабатывания защиты:

- значение реактивной мощности меньше уставки срабатывания $Q_г \leq Q_{г\,ср} + Q_{ОМВ}$;
- ток возбуждения ниже уставки срабатывания $I_в \leq I_{в\,ср}$.

где $Q_г$ – текущее значение реактивной мощности;

$Q_{г\,ср}$ – значение уставки срабатывания по реактивной мощности;

$Q_{ОМВ}$ – значение границы ОМВ;

$I_{в\ ср}$ – значение уставки срабатывания по току возбуждения.

При выполнении указанных условий защита запускается, и, если в течение времени отсчета таймера условие срабатывания не исчезает, производятся следующие действия:

- выдача сигнала «Отключить QAE» на катушку отключения устройства гашения поля QAE;
- выдача сигнала «Отключить QG» в защиты генератора;
- выдача сигнала «Включить КМ3 КСС» (из канала, являющегося мастером);
- выдача сигнала «Вызов на щит»;
- выдача сигнала «Неисправность МУ» на двери ШУ;
- выдача сигнала «Работа защит СВ»;
- выдача сигнала «Работа защит МУ» на двери ШУ;
- тиристорный преобразователь переводится в режим инвертирования, с последующим снятием импульсов управления тиристорами;
- на панельном компьютере загорается индикатор сработавшей защиты;
- запись в дневник событий, фиксирующая время и факт срабатывания защиты.

Установлены следующие значения уставок срабатывания защиты:

- реактивная мощность $Q_{г\ ср} = -0{,}1$ ($-0{,}1 \div -0{,}8$);
- ток возбуждения $I_{в\ ср} = 0{,}1$ ($0{,}05 \div 0{,}2$);
- выдержка времени срабатывания $t_{ср} = 1{,}0$ ($1{,}0 \div 3$) с.

○ 5.2 Защита от повышения напряжения генератора (ПН)

Контролируется напряжение статора генератора $U_г$. Генератор работает на холостом ходу (выключатель генератора находится в положении

«ОТКЛЮЧЕНО»). Защита проводит сравнение текущего значения напряжения со значением уставки срабатывания.

Условие срабатывания защиты:

- значение напряжения генератора больше уставки срабатывания $U_г \geq U_{г\,ср}$.

где $U_г$ – текущее значение напряжения генератора;

$U_{г\,ср}$ – значение уставки срабатывания.

При выполнении указанных условий защита запускается и, если в течение времени отсчета таймера условие срабатывания не исчезает, производятся следующие действия:

- выдача сигнала «Вызов на щит»;
- выдача сигнала «Неисправность МУ» на двери ШУ;
- выдача сигнала «Работа защит СВ»;
- выдача сигнала «Работа защит МУ» на двери ШУ;
- тиристорный преобразователь переводится в режим инвертирования, с последующим снятием импульсов управления тиристорами;
- на панельном компьютере загорается индикатор сработавшей защиты;
- запись в дневник событий, фиксирующая время и факт срабатывания защиты.

При переходе генератора с работы в энергосистеме на холостой ход, защита ПН блокируется на заданное время.

Установлены следующие значения уставок срабатывания защиты

- значения напряжения $U_{г\,ср}$ = 1,15 (1,15÷1,2);
- блокировка защиты при переходе на холостой ход $t_{блок.ПН}$ = 3,0 (0,0 ÷ 5,0) с;
- время задержки срабатывания защиты $t_{ср}$ = 0,05 (0,05÷0,2) с.

○ 5.3 Защита от перегрузки по току ротора (ПР)

Контролируется ток ротора $I_{рот}$. В основу защиты положена зависимость времени перегрузки от кратности (см. таблицу 2). При превышении допустимой

продолжительности перегрузки по току ротора (накопился интеграл для срабатывания защиты Инт.Защ) производятся следующие действия:

- выдача сигнала «Отключить QAE» на катушку отключения устройства гашения поля QAE;
- выдача сигнала «Отключить QG» в защиты генератора;
- выдача сигнала «Включить КМ3 КСС» (из канала, являющегося мастером);
- выдача сигнала «Вызов на щит»;
- выдача сигнала «Неисправность МУ» на двери ШУ;
- выдача сигнала «Работа защит СВ»;
- выдача сигнала «Работа защит МУ» на двери ШУ;
- тиристорный преобразователь переводится в режим инвертирования, с последующим снятием импульсов управления тиристорами;
- на панельном компьютере загорается индикатор сработавшей защиты;
- запись в дневник событий, фиксирующая время и факт срабатывания защиты.

Значения уставок срабатывания указаны в таблице 2.

Таблица 2 – Перегрузочная характеристика агрегата по току ротора

Кратность перегрузки по току ротора, о.е.	Уставка защиты, с (расчётное значение)
1,1	3402 ± 30
1,2	340 ± 5
1,3	226 ± 3
1,4	170 ± 2
1,5	113 ± 2
2,0	56,7 ± 1

○

○ **5.4 Защита от снижения частоты на холостом ходу генератора (СЧ)**

Регулятором проводится непосредственное измерение частоты линейного напряжения генератора. Защита работает только в том случае, когда генератор на холостом ходу (выключатель генератора находится в положении «ОТКЛЮЧЕНО»).

Условие срабатывания защиты:

- значение частоты напряжения генератора ниже уставки срабатывания $f_г \leq f_{г\,ср}$.

где $f_г$ – текущее значение частоты напряжения генератора;

$f_{г\,ср}$ – значение уставки срабатывания.

При выполнении указанных условий защита запускается, и, если в течение времени отсчета таймера условие срабатывания не исчезает, производятся следующие действия:

- выдача сигнала «Отключить QAE» на катушку отключения устройства гашения поля QAE;
- выдача сигнала «Включить КМ3 КСС» (из канала, являющегося мастером);
- выдача сигнала «Вызов на щит»;
- выдача сигнала «Неисправность МУ» на двери ШУ;
- выдача сигнала «Работа защит СВ»;
- выдача сигнала «Работа защит МУ» на двери ШУ;
- тиристорный преобразователь переводится в режим инвертирования, с последующим снятием импульсов управления тиристорами;
- на панельном компьютере загорается индикатор сработавшей защиты;
- запись в дневник событий, фиксирующая время и факт срабатывания защиты.

Установлены следующие значения уставок срабатывания защиты (п. 45А в меню УНИПО):

- значение частоты напряжения $f_{г\,ср}$ = 45 (35÷47) Гц;
- время задержки срабатывания защиты $t_{ср}$ = 0,5 (0,5 ÷ 1,0) с.

○ **5.5 Защита от несимметричного режима работы тиристорного преобразователя (НР)**

Защита основана на выделении действующих значений напряжения первой или второй (U_{f1}, f_1 = 50 Гц, U_{f2}, f_2 = 100 Гц) гармоник в напряжении возбуждения $U_в$. Защита работает только в том случае, когда значение тока возбуждения выше уставки срабатывания $I_{в\,ср}$.

Условия срабатывания защиты:

- значение первой и второй гармоник в напряжении возбуждения выше уставки срабатывания $□_{в\,1,2} \geq □_{в\,ср1,ср2;}$
- ток возбуждения выше уставки срабатывания $I_в \geq I_{в\,ср}$.

где $□_{в\,ср1,ср2}$ – напряжение срабатывания для первой или второй гармоник;

Uв~1,2 – текущее значение амплитуды первой или второй гармоник в напряжении возбуждения;

$I_в$ – текущее значение тока возбуждения;

$I_{в\,ср}$ – значение уставки срабатывания по току возбуждения.

При выполнении указанных условий защита запускается. Защита выполнена двухступенчатой по времени срабатывания. Если в течение времени отсчета таймера первой ступени $t_{ср1}$ условие срабатывания не исчезает, то производятся следующие действия:

- выдача сигнала «Вызов на щит»;
- выдача сигнала «Неисправность МУ» на двери ШУ;
- выдача сигнала «Работа защит СВ»;
- выдача сигнала «Работа защит МУ» на двери ШУ;
- на панельном компьютере загорается индикатор сработавшей защиты;
- запись в дневник событий, фиксирующая время и факт срабатывания защиты.

Канал регулирования, на котором возник несимметричный режим становится не готовым к работе, переход на данный канал запрещён, до квитирования сигнализации «Работа защит СВ».

Если после перехода на другой канал условия для срабатывания защиты не исчезли в течение времени отчёта таймера второй ступени $t_{ср2}$, то производятся следующие действия:

- выдача сигнала «Отключить QAE» на катушку отключения устройства гашения поля QAE;
- выдача сигнала «Отключить QG» в защиты генератора;
- выдача сигнала «Включить КМ3 КСС» (из канала, являющегося мастером);
- выдача сигнала «Вызов на щит»;
- выдача сигнала «Неисправность МУ» на двери ШУ;
- выдача сигнала «Работа защит СВ»;
- выдача сигнала «Работа защит МУ» на двери ШУ;
- тиристорный преобразователь переводится в режим инвертирования, с последующим снятием импульсов управления тиристорами;
- на панельном компьютере загорается индикатор сработавшей защиты;
- запись в дневник событий, фиксирующая время и факт срабатывания защиты.

Установлены следующие значения уставок срабатывания защиты:

- коэффициент срабатывания по напряжению первой гармоники Uв~ср1 = 0,25 (0,1 ÷ 0,5) о.е.;
- коэффициент срабатывания по напряжению второй гармоники Uв~ср2 = 0,25 (0,1 ÷ 0,5) о.е.;
- значение тока возбуждения $I_{в\ ср}$ = 0,01 (0,0 ÷ 0,2) о.е.;
- время задержки срабатывания первой ступени защиты $t_{ср1}$ = 2,5 (0,5 ÷ 10,0) с;

- время задержки срабатывания второй ступени защиты $t_{ср2} = 2 \cdot t_{ср1} =$ 5,0 с.

○ **5.6 Защита от превышения длительности форсировки (ПДФ)**

Контролируется ток возбуждения $I_в$. Защита предназначена для предотвращения аварийных последствий при зависании модуля ограничителя перегрузки.

Условие срабатывания защиты:

- ток возбуждения выше уставки срабатывания $I_в \geq I_{в\,ср}$.

где $I_в$ – текущее значение тока возбуждения;

$I_{в\,ср}$ – значение уставки срабатывания по току возбуждения.

При выполнении указанного условия защита запускается, и, если в течение времени отсчета таймера условие срабатывания не исчезает, производится следующие действия:

- выдача сигнала «Отключить QAE» на катушку отключения устройства гашения поля QAE;
- выдача сигнала «Отключить QG» в защиты генератора;
- выдача сигнала «Включить КМ3 КСС» (из канала, являющегося мастером);
- выдача сигнала «Вызов на щит»;
- выдача сигнала «Неисправность МУ» на двери ШУ;
- выдача сигнала «Работа защит СВ»;
- выдача сигнала «Работа защит МУ» на двери ШУ;
- тиристорный преобразователь переводится в режим инвертирования, с последующим снятием импульсов управления тиристорами;
- на панельном компьютере загорается индикатор сработавшей защиты;
- запись в дневник событий, фиксирующая время и факт срабатывания защиты.

Установлены следующие значения уставок срабатывания защиты:

- значение тока возбуждения $I_{в\ ср}$ = 2,0 (1,4 ÷ 2,0);
- время задержки срабатывания защиты $t_{ср}$ = 59 (50 ÷ 60) с.

○ **5.7 Защита от короткого замыкания на шинах постоянного тока тиристорных преобразователей (КЗК)**

Алгоритм выявления короткого замыкания на стороне постоянного тока преобразователя основан на том факте, что при возникновении короткого замыкания в цепи возбуждения, возрастают фазные токи на входе тиристорного преобразователя и падает напряжение возбуждения.

Условия срабатывания защиты:

- ток возбуждения выше уставки срабатывания $I_в \geq I_{в\ ср}$;
- напряжение возбуждения ниже уставки срабатывания $U_в \leq U_{в\ ср}$.

где $U_в$ – текущее значение напряжения возбуждения;

$U_{в\ ср}$ – значение уставки срабатывания по напряжению возбуждения;

$I_в$ – текущее значение тока возбуждения;

$I_{в\ ср}$ – значение уставки срабатывания по току возбуждения.

При выполнении указанного условия защита запускается, и если в течение времени отсчета таймера условие срабатывания не исчезает, производится следующие действия:

- выдача сигнала «Отключить QAE» на катушку отключения устройства гашения поля QAE;
- выдача сигнала «Отключить QG» в защиты генератора;
- выдача сигнала «Включить КМ3 КСС» (из канала, являющегося мастером);
- выдача сигнала «Вызов на щит»;
- выдача сигнала «Неисправность МУ» на двери ШУ;
- выдача сигнала «Работа защит СВ»;
- выдача сигнала «Работа защит МУ» на двери ШУ;
- тиристорный преобразователь переводится в режим инвертирования, с последующим снятием импульсов управления тиристорами;

- на панельном компьютере загорается индикатор сработавшей защиты;
- запись в дневник событий, фиксирующая время и факт срабатывания защиты.

Установлены следующие значения уставок срабатывания защиты (п.453 в меню УНИПО):

- значение тока возбуждения $I_{в\ ср}$ = 2,2 (2,2 ÷ 3,0);
- значение напряжения возбуждения $U_{в\ ср}$ = 0,1 (0,02 ÷ 0,1);
- время задержки срабатывания защиты $t_{ср}$ = 0,03 (0,02 ÷ 0,1) с.

○ **5.8 Защита от превышения кратности форсировки (ПКФ)**

Контролируется ток возбуждения $I_в$. Защита предназначена для предотвращения аварийных последствий при зависании модуля ограничителя тока возбуждения.

Условие срабатывания защиты:

- ток возбуждения выше уставки срабатывания $I_в \geq I_{в\ ср}$.

где $I_в$ – текущее значение тока возбуждения;

$I_{в\ ср}$ – значение уставки срабатывания по току возбуждения.

При выполнении указанного условия защита запускается, и если в течение времени отсчета таймера условие срабатывания не исчезает, производится следующие действия:

- выдача сигнала «Отключить QAE» на катушку отключения устройства гашения поля QAE;
- выдача сигнала «Отключить QG» в защиты генератора;
- выдача сигнала «Включить КМ3 КСС» (из канала, являющегося мастером);
- выдача сигнала «Вызов на щит»;
- выдача сигнала «Неисправность МУ» на двери ШУ;
- выдача сигнала «Работа защит СВ»;
- выдача сигнала «Работа защит МУ» на двери ШУ;

- тиристорный преобразователь переводится в режим инвертирования, с последующим снятием импульсов управления тиристорами;
- на панельном компьютере загорается индикатор сработавшей защиты;
- запись в дневник событий, фиксирующая время и факт срабатывания защиты.

Установлены следующие значения уставок срабатывания защиты (п.451 в меню УНИПО):

- значение тока возбуждения $I_{в\ ср}$ = 2,2 (1,6 ÷ 2,5);
- время задержки срабатывания защиты $t_{ср}$ = 1,5 (1,0 ÷ 3,0) с.

○ **5.9 Защита ротора от замыкания на землю в одной точке в цепях ротора (ЗЗ)**

Для защиты цепей ротора от опасных токов короткого замыкания на землю используется устройство контроля сопротивления изоляции iso685-D.

Условие срабатывания защиты:

- значение сопротивление изоляции обмотки ротора ниже предупредительной уставки срабатывания $R_{изол} \leq R_{пред.\ ср.}$;
- значение сопротивление изоляции обмотки ротора ниже аварийной уставки срабатывания $R_{изол} \leq R_{авар.\ ср.}$;

где $R_{изол}$ – текущее значение сопротивления изоляции обмотки возбуждения;

$R_{пред.\ ср}$ – значение предупредительной уставки срабатывания защиты;

$R_{авар.\ ср}$ – значение аварийной уставки срабатывания защиты.

При срабатывании предупредительной ступени, производятся следующие действия:

- выдача сигнала «Вызов на щит»;
- выдача сигнала «Неисправность МУ» на двери ШУ;
- запись в дневник событий, фиксирующая время и факт срабатывания защиты.

При срабатывании аварийной ступени, и если в течение времени отсчета таймера условие срабатывания не исчезает, производится следующие действия:

- выдача сигнала «Отключить QAE» на катушку отключения устройства гашения поля QAE;
- выдача сигнала «Отключить QG» в защиты генератора;
- выдача сигнала «Включить КМ3 КСС» (из канала, являющегося мастером);
- выдача сигнала «Вызов на щит»;
- выдача сигнала «Неисправность МУ» на двери ШУ;
- выдача сигнала «Работа защит СВ»;
- выдача сигнала «Работа защит МУ» на двери ШУ;
- тиристорный преобразователь переводится в режим инвертирования, с последующим снятием импульсов управления тиристорами;
- на панельном компьютере загорается индикатор сработавшей защиты;
- запись в дневник событий, фиксирующая время и факт срабатывания защиты.

Установлены следующие значения уставок срабатывания защиты:

- уставка срабатывания предупредительной ступени: 50 кОм;
- уставка срабатывания аварийной ступени: 5 кОм;
- время задержки срабатывания защиты $t_{ср}$ = 10,0 (1,0 ÷ 20,0) с

○ 5.10 Защита от перегрева преобразовательного трансформатора (ЗПТ)

Информация о температуре вентильных обмоток и магнитопровода преобразовательного трансформатора поступает с блока контроля температуры БКТ, установленного на трансформаторе.

Защита имеет две ступени: предупредительную и аварийную.

При срабатывании предупредительного сигнала и при условии, что отсутствует сигнал «БКТ неисправен», производится следующие действия:

автоматический переход на регулятор Q и разгрузка генератора по реактивной мощности до cosφ = 1;

- выдача сигнала «Вызов на щит»;
- выдача сигнала «Неисправность МУ» на двери ШУ;
- запись в дневник событий, фиксируется время и факт срабатывания данной ступени защиты.

После того, как предупредительная сигнализация уйдёт, регулятор АРВ-ЭНС продолжит работать на регуляторе Q.

При срабатывании аварийного сигнала и при условии, что отсутствует сигнал «БКТ неисправен», если в течение времени отсчета таймера условие срабатывания не исчезает, производятся следующие действия:

- выдача сигнала «Отключить QAE» на катушку отключения устройства гашения поля QAE;
- выдача сигнала «Отключить QG» в защиты генератора;
- выдача сигнала «Включить КМ3 КСС» (из канала, являющегося мастером);
- выдача сигнала «Вызов на щит»;
- выдача сигнала «Неисправность МУ» на двери ШУ;
- выдача сигнала «Работа защит СВ»;
- выдача сигнала «Работа защит МУ» на двери ШУ;
- тиристорный преобразователь переводится в режим инвертирования, с последующим снятием импульсов управления тиристорами;
- на панельном компьютере загорается индикатор сработавшей защиты;
- запись в дневник событий, фиксирующая время и факт срабатывания защиты.

Установлены следующие значения уставок срабатывания защиты:

- время задержки срабатывания защиты $t_{ср}$ = 2,0 (1,0 ÷ 3,0) с.

При срабатывании сигнала неисправности блока контроля температуры, сигналы предупредительной и аварийной ступени не обрабатываются.

○ **5.11 Защита от неуспешного начального возбуждения (ННВ)**

Если при подаче команды «Включить возбуждение» возникла неисправность, и/или генератор не возбуждается, пуск прекращается через время tпуск = 10 с (задаётся в меню УНИПО п. 421), если напряжение статора генератора не превысило значения Uотк_НВ = 0,3 о.е. (задаётся в меню УНИПО п. 425) или через время tмакс = 20 с (задаётся в меню УНИПО п. 422), если напряжение статора генератора превысило значение Uотк_НВ, но не достигло значения 0,95·Uнач. Производятся следующие действия:

- выдача сигнала «Вызов на щит»;
- выдача сигнала «Неисправность МУ» на двери ШУ;
- выдача сигнала «Работа защит»;
- выдача сигнала «Работа защит МУ» на двери ШУ;
- тиристорный преобразователь переводится в режим инвертирования, с последующим снятием импульсов управления тиристорами;
- на панельном компьютере загорается индикатор сработавшей защиты;
- запись в дневник событий, фиксирующая время и факт срабатывания защиты.

○ **5.12 Защита от неисправности двух каналов регулирования**

Если контроллер регулятора АРВ-ЭНС канал регулирования КР1 исправен, регулятор АРВ-ЭНС данного канала формирует сигнал «Исправность контроллера 1», который по локальной сети CAN передается на модуль реле МР8-CAN 1А2. При наличии сигнала сухие контакты 10, 11 на модуле 1А2 размыкаются. При отсутствии сигнала «Исправность контроллера 1» сухие контакты 10, 11 на модуле 1А2 замыкаются. Аналогично для контроллера регулятора АРВ-ЭНС канала регулирования КР2 на модуле 2А2. При неисправности двух контроллеров, на катушку реле К10, установленного в ШУ,

поступает сигнал о неисправности двух контроллеров. При замыкании сухих контактов реле К10 выдаются сигналы в защиты генератора на отключение выключателя генератора и на катушку отключения устройства гашения поля QAE в ШГП.

○ 5.13 Токовая отсечка защиты преобразовательного трансформатора (ОТ)

Защита реагирует на увеличение тока хотя бы в одной фазе сетевой обмотки преобразовательного трансформатора. Информация о фазных токах поступает от трансформаторов тока ТА1, ТА2 и ТА3, установленных на стороне сетевой обмотки преобразовательного трансформатора ТСЗП.

Условие срабатывания защиты:

- ток в какой-либо фазе первичной обмотки преобразовательного трансформатора выше уставки срабатывания $I_{вт} \geq I_{вт\ ср}$.

где $I_{вт}$ – текущее значение тока какой-либо фазы в сетевой обмотке преобразовательного трансформатора;

$I_{вт\ ср}$ – значение уставки срабатывания по току сетевой обмотки преобразовательного трансформатора.

При выполнении указанного условия защита запускается, и если в течение времени отсчета таймера условие срабатывания не исчезает, производится следующие действия:

- выдача сигнала «Отключить QAE» на катушку отключения устройства гашения поля QAE;
- выдача сигнала «Отключить QG» в защиты генератора;
- выдача сигнала «Включить КМ3 КСС» (из канала, являющегося мастером);
- выдача сигнала «Вызов на щит»;
- выдача сигнала «Неисправность МУ» на двери ШУ;
- выдача сигнала «Работа защит СВ»;
- выдача сигнала «Работа защит МУ» на двери ШУ;

- тиристорный преобразователь переводится в режим инвертирования, с последующим снятием импульсов управления тиристорами;
- на панельном компьютере загорается индикатор сработавшей защиты;
- запись в дневник событий, фиксирующая время и факт срабатывания защиты.

Установлены следующие значения уставки срабатывания защиты:

- значение тока преобразовательного трансформатора Iвт ср = 3,6 (2,5 ÷ 5,0);
- время задержки срабатывания защиты tcp = 0,1 (0,08÷0,15) с.

○ **5.14 Максимальная токовая защиты преобразовательного трансформатора (МТЗ)**

Защита реагирует на увеличение тока хотя бы в одной фазе сетевой обмотки преобразовательного трансформатора. Информация о фазных токах поступает от трансформаторов тока ТА1, ТА2 и ТА3, установленных на стороне сетевой обмотки преобразовательного трансформатора ТСЗП. Условие срабатывания защиты:

- ток в какой-либо фазе первичной обмотки преобразовательного трансформатора выше уставки срабатывания $I_{вт} \geq I_{вт\ ср}$.

где $I_{вт}$ – текущее значение тока какой-либо фазы в сетевой обмотке преобразовательного трансформатора;

$I_{вт\ ср}$ – значение уставки срабатывания по току сетевой обмотки преобразовательного трансформатора.

При выполнении указанного условия защита запускается, и если в течение времени отсчета таймера условие срабатывания не исчезает, производится следующие действия:

- выдача сигнала «Отключить QAE» на катушку отключения устройства гашения поля QAE;
- выдача сигнала «Отключить QG» в защиты генератора;

- выдача сигнала «Включить КМ3 КСС» (из канала, являющегося мастером);
- выдача сигнала «Вызов на щит»;
- выдача сигнала «Неисправность МУ» на двери ШУ;
- выдача сигнала «Работа защит СВ»;
- выдача сигнала «Работа защит МУ» на двери ШУ;
- тиристорный преобразователь переводится в режим инвертирования, с последующим снятием импульсов управления тиристорами;
- на панельном компьютере загорается индикатор сработавшей защиты;
- запись в дневник событий, фиксирующая время и факт срабатывания защиты.

Установлены следующие значения уставки срабатывания защиты:

- значение тока преобразовательного трансформатора Iвт ср = 2,5 (2,5 ÷ 5,0);
- время задержки срабатывания защиты $t_{ср}$ = 1,0 (0,5÷2,0) с.

○ **5.15 Защита от перенапряжений на обмотке ротора (ЗП)**

Тиристорный разрядник предназначен для защиты обмотки возбуждения синхронной машины от перенапряжений.

Уставка срабатывания разрядника: 2000 (1000÷3200) В (амплитудное значение).

При срабатывании разрядника в регулятор АРВ-ЭНС поступает сигнал «Разрядник сработал».

Если автоматическое квитирование включено, то регулятор при появлении сигнала «Разрядник сработал», выдаёт сигнал «Квитировать разрядник». В случае, если данный параметр заблокирован, то сигнал не выдаётся.

Если блокировка защиты ЗП отключена, то при появлении сигнала «Разрядник сработал», регулятор АРВ-ЭНС выдаёт сигнал «Работа защит СВ» и сигнал «Работа защит МУ» на двери ШУ, производится запись в дневник событий, фиксирующая время срабатывания защиты и факт срабатывания.

Если блокировка защиты ЗП отключена и автоматическое квитирование разрядника включено, то сигнализация срабатывания разрядника будет квитирована, а сигнализацию срабатывания защиты необходимо квитировать независимо от того, квитирован ли сам разрядник.

Если блокировка защиты ЗП и автоматическое квитирование разрядника отключены, то при квитировании сигнализации срабатывания защиты регулятор АРВ-ЭНС также выдаёт сигнал «Квитирование разрядника». Также при квитировании сигнализации о срабатывании разрядника кнопкой на его лицевой панели, сигнализация «Работа защит СВ» снимается.

В случае, если включена блокировка защиты ЗП и отключено автоматическое квитирование, квитирование сигнализации срабатывания разрядника возможно только с лицевой панели разрядника.

По умолчанию в системе возбуждения автоквитирование разрядника и блокировка защиты ЗП отключены.

○ 5.16 Защита от перегрева тиристорного преобразователя (ЗПТП)

Защита действует при нагреве тиристорного преобразователя выше порога температуры для срабатывания защиты Т_защ.

При выполнении указанного условия защита запускается, и если в течение времени отсчета таймера условие срабатывания не исчезает, производится следующие действия:

- выдача сигнала «Отключить QAE» на катушку отключения устройства гашения поля QAE;
- выдача сигнала «Отключить QG» в защиты генератора;
- выдача сигнала «Включить КМ3 КСС» (из канала, являющегося мастером);
- выдача сигнала «Вызов на щит»;
- выдача сигнала «Неисправность МУ» на двери ШУ;
- выдача сигнала «Работа защит СВ»;
- выдача сигнала «Работа защит МУ» на двери ШУ;

- тиристорный преобразователь переводится в режим инвертирования, с последующим снятием импульсов управления тиристорами;
- на панельном компьютере загорается индикатор сработавшей защиты;
- запись в дневник событий, фиксирующая время и факт срабатывания защиты.

Установлены следующие значения уставки срабатывания защиты:

- значение тока преобразовательного трансформатора Т_защ. = 105 (0 ÷ 200) °С;
- время задержки срабатывания защиты $t_{ср}$ = 3 (0÷60) с.

○ **5.17 Перечень защит, их уставки срабатывания и пределы изменения уставок.**

В таблице 3 приведен перечень защит системы возбуждения, их уставки срабатывания и пределы регулирования уставок.

Таблица 3. Перечень защит системы возбуждения, их уставки срабатывания и пределы регулирования

Условное обозначение	Наименование защиты	Условия срабатывания, уставка срабатывания и пределы регулирования уставок	Действия и выходные сигналы
ПВ	Защита от потери возбуждения	Генератор в сети $Q \le (Q_{омв} + Q_{пв})$; $Q_{пв} = -0,1$ (-0,8 ÷ -0,1); $I_в \le 0,1 \cdot I_{вн}$ (0,05÷0,2); t = 1,0 с (1,5÷3,0)	Отключение QG; Отключение QAE; Инвертирование ТП; Снятие импульсов; Сигнал «Вызов на щит»; Сигнал «Неисправность МУ»; Сигнал «Работа защит»; Сигнал «Работа защит МУ»; Вкл. индикаторы сработавшей защиты и «Вызов на щит» на панельном компьютере.
ПН	Защита от повышения напряжения	Генератор на х.х; $U_г \ge 1,15 \cdot U_{гн}$ (1,15÷1,2); t =0,05 с (0,05÷0,2); $t_{блок.ПН}$ = 3,0 с (0,0 ÷ 5,0)	Инвертирование ТП; Снятие импульсов; Сигнал «Вызов на щит»; Сигнал «Неисправность МУ»; Сигнал «Работа защит»; Сигнал «Работа защит МУ»; Вкл. индикаторы сработавшей защиты и «Вызов на щит» на панельном компьютере.

ПР	Защита от перегрузки ротора	Значения кратности тока соответствуют перегрузочной характеристике генератора, значение уставок больше на 5% от значения уставок ограничителя перегрузки	Отключение QG; Отключение QAE; Инвертирование ТП; Снятие импульсов; Сигнал «Вызов на щит»; Сигнал «Неисправность МУ»; Сигнал «Работа защит»; Сигнал «Работа защит МУ»; Вкл. индикаторы сработавшей защиты и «Вызов на щит» на панельном компьютере.

Продолжение таблицы

В таблице Таблица 3 приведен перечень защит системы возбуждения, их уставки срабатывания и пределы регулирования уставок.

Условное обозначение	Наименование защиты	Условия срабатывания, уставка срабатывания и пределы регулирования уставок	Действия и выходные сигналы
СЧ	Защита от снижения частоты	Генератор отключен от сети $f_г \leq 45$ Гц (35÷47); t = 0,5 с (0,1÷4,0)	Отключение QAE; Инвертирование ТП; Снятие импульсов; Сигнал «Вызов на щит»; Сигнал «Неисправность МУ»; Сигнал «Работа защит»; Сигнал «Работа защит МУ»; Вкл. индикаторы сработавшей защиты и «Вызов на щит» на панельном компьютере.
ПДФ	Защита от превышения длительности форсировки	$I_в \geq 2,0 \cdot I_{вн}$ (1,4÷2,0); t = 59 с (50÷60)	Отключение QG; Отключение QAE; Инвертирование ТП; Снятие импульсов; Сигнал «Вызов на щит»; Сигнал «Неисправность МУ»; Сигнал «Работа защит»; Сигнал «Работа защит МУ»; Вкл. индикаторы сработавшей защиты и «Вызов на щит» на панельном компьютере.

Продолжение таблицы

В таблице Таблица 3 приведен перечень защит системы возбуждения, их уставки срабатывания и пределы регулирования уставок.

Условное обозначение	Наименование защиты	Условия срабатывания, уставка срабатывания и пределы регулирования уставок	Действия и выходные сигналы
НР	Защита от несимметричного режима работы тиристорного преобразователя	$\square_{в\,1} = \square_{в\,2} \geq 0{,}25 \cdot \square_{вн}$ (0,01 ÷ 3,0); $I_в \geq 0{,}01 \cdot I_{вн}$ (0,0÷0,5); $t_{ср1}$ = 2,5 с (0,5÷10,0); $t_{ср2} = 2 \cdot t_{ср1}$ = 5,0 с	Перевод на другой канал, если другой канал готов к работе; Отключение QG; Отключение QAE; Инвертирование ТП; Снятие импульсов; Сигнал «Вызов на щит»; Сигнал «Неисправность МУ»; Сигнал «Работа защит»; Сигнал «Работа защит МУ»; Вкл. индикаторы сработавшей защиты и «Вызов на щит» на панельном компьютере.

Продолжение таблицы

В таблице Таблица 3 приведен перечень защит системы возбуждения, их уставки срабатывания и пределы регулирования уставок.

Условное обозначение	Наименование защиты	Условия срабатывания, уставка срабатывания и пределы регулирования уставок	Действия и выходные сигналы
ННВ	Защита от неуспешного начального возбуждения	Если за время $t_{пуск}$ = 10 с (1,0÷30,0) $U_г$ не достигло значения $U_{отк_НВ} = 0{,}3 \cdot U_{гн}$ (0,0÷1,0); Если за время $t_{макс}$ = 20 с (1,0÷100,0) $U_г$ не достигло значения $0{,}95 \cdot U_{нач}$ $U_{нач} = 1{,}0 \cdot U_{гн}$ (0,8÷1,1)	Инвертирование ТП; Снятие импульсов; Сигнал «Вызов на щит»; Сигнал «Неисправность МУ»; Сигнал «Работа защит»; Сигнал «Работа защит МУ»; Вкл. индикаторы сработавшей защиты и «Вызов на щит» на панельном компьютере.
КЗК	Защита от короткого замыкания на шинах постоянного тока тиристорного преобразователя	$I_в \geq 2{,}2 \cdot I_{вн}$ (2,2÷3,0); $U_в < 0{,}1 \cdot U_{вн}$ (0,02÷0,1); t = 0,03 с (0,02÷0,1)	Отключение QG; Отключение QAE; Инвертирование ТП; Снятие импульсов; Сигнал «Вызов на щит»; Сигнал «Неисправность МУ»; Сигнал «Работа защит»; Сигнал «Работа защит МУ»; Вкл. индикаторы сработавшей защиты и «Вызов на щит» на панельном компьютере.

Продолжение таблицы

В таблице Таблица 3 приведен перечень защит системы возбуждения, их уставки срабатывания и пределы регулирования уставок.

Условное обозначение	Наименование защиты	Условия срабатывания, уставка срабатывания и пределы регулирования уставок	Действия и выходные сигналы
ПКФ	Защита от превышения кратности форсировки	$I_в \geq 2{,}2 \cdot I_{вн}$ (1,6÷2,5); t = 1,5 с (1,0 ÷3,0)	Отключение QG; Отключение QAE; Инвертирование ТП; Снятие импульсов; Сигнал «Вызов на щит»; Сигнал «Неисправность МУ»; Сигнал «Работа защит»; Сигнал «Работа защит МУ»; Вкл. индикаторы сработавшей защиты и «Вызов на щит» на панельном компьютере.

Продолжение таблицы

В таблице Таблица 3 приведен перечень защит системы возбуждения, их уставки срабатывания и пределы регулирования уставок.

Условное обозначение	Наименование защиты	Условия срабатывания, уставка срабатывания и пределы регулирования уставок	Действия и выходные сигналы
ЗПТ	Защита от перегрева трансформатора	Сигналы предупредительного и аварийного перегрева преобразовательного трансформатора. Отсутствие сигнала «БКТ неисправен» Время задержки срабатывания при срабатывании аварийной ступени t = 1 с (1,0÷3,0)	Предупредительная ступень: Разгрузка генератора по реактивной мощности; Сигнал «Вызов на щит»; Сигнал «Неисправность МУ»; Вкл. индикатор «Вызов на щит» на панельном компьютере. Аварийная ступень: Отключение QG; Отключение QAE; Инвертирование ТП; Снятие импульсов; Сигнал «Вызов на щит»; Сигнал «Неисправность МУ»; Сигнал «Работа защит»; Сигнал «Работа защит МУ»; Вкл. индикаторы сработавшей защиты и «Вызов на щит» на панельном компьютере.

Продолжение таблицы

В таблице Таблица 3 приведен перечень защит системы возбуждения, их уставки срабатывания и пределы регулирования уставок.

Условное обозначение	Наименование защиты	Условия срабатывания, уставка срабатывания и пределы регулирования уставок	Действия и выходные сигналы
33	Защита от замыкания на землю в одной точке в цепях ротора	Сигналы предупредительного и аварийного снижения изоляции в цепях ротора. Время задержки срабатывания при срабатывании аварийной ступени t = 10 с (1,0÷20,0)	Предупредительная ступень: Сигнал «Вызов на щит»; Сигнал «Неисправность МУ»; Вкл. индикатор «Вызов на щит» на панельном компьютере. Аварийная ступень: Отключение QG; Отключение QAE; Инвертирование ТП; Снятие импульсов; Сигнал «Вызов на щит»; Сигнал «Неисправность МУ»; Сигнал «Работа защит»; Сигнал «Работа защит МУ»; Вкл. индикаторы сработавшей защиты и «Вызов на щит» на панельном компьютере.

Продолжение таблицы

В таблице Таблица 3 приведен перечень защит системы возбуждения, их уставки срабатывания и пределы регулирования уставок.

Условное обозначение	Наименование защиты	Условия срабатывания, уставка срабатывания и пределы регулирования уставок	Действия и выходные сигналы
ОТ	Токовая отсечка преобразовательного трансформатора	Хотя бы один из токов $I_{ПТ\ A} \geq 3,6 \cdot I_{ПТН}$ (2,2 ÷ 3,0) $I_{ПТ\ B} \geq 3,6 \cdot I_{ПТН}$ (2,2 ÷ 3,0) $I_{ПТ\ C} \geq 3,6 \cdot I_{ПТН}$ (2,2 ÷ 3,0) t = 0,1 с (0,08 ÷ 0,15)	Отключение QG; Отключение QAE; Инвертирование ТП; Снятие импульсов; Сигнал «Вызов на щит»; Сигнал «Неисправность МУ»; Сигнал «Работа защит»; Сигнал «Работа защит МУ»; Вкл. индикаторы сработавшей защиты и «Вызов на щит» на панельном компьютере.
МТЗ	Максимальная токовая защита преобразовательного трансформатора	Хотя бы один из токов $I_{ПТ\ A} \geq 2,5 \cdot I_{ПТН}$ (2,2 ÷ 3,0) $I_{ПТ\ B} \geq 2,5 \cdot I_{ПТН}$ (2,2 ÷ 3,0) $I_{ПТ\ C} \geq 2,5 \cdot I_{ПТН}$ (2,2 ÷ 3,0) t = 1,0 с (0,5 ÷ 2,0)	Отключение QG; Отключение QAE; Инвертирование ТП; Снятие импульсов; Сигнал «Вызов на щит»; Сигнал «Неисправность МУ»; Сигнал «Работа защит»; Сигнал «Работа защит МУ»; Вкл. индикаторы сработавшей защиты и «Вызов на щит» на панельном компьютере.

Продолжение таблицы

В таблице Таблица 3 приведен перечень защит системы возбуждения, их уставки срабатывания и пределы регулирования уставок.

Условное обозначение	Наименование защиты	Условия срабатывания, уставка срабатывания и пределы регулирования уставок	Действия и выходные сигналы
ЗП	Защита от перенапряжений на обмотке ротора	Появился сигнал «Разрядник сработал» Автоквит. = 0 Блок.ЗП = 0 (0 – откл., 1 – вкл.)	Сигнал «Квитирование разрядника» (при включенном автоквитировании); Сигнал «Вызов на щит»; Сигнал «Неисправность МУ»; Сигнал «Работа защит» (при разблокированной защите ЗП); Сигнал «Работа защит МУ»; Вкл. индикатор сработавшей защиты на панельном компьютере (при разблокированной защите ЗП); Вкл. индикатор «Вызов на щит» на панельном компьютере.

Продолжение таблицы

В таблице Таблица 3 приведен перечень защит системы возбуждения, их уставки срабатывания и пределы регулирования уставок.

Условное обозначение	Наименование защиты	Условия срабатывания, уставка срабатывания и пределы регулирования уставок	Действия и выходные сигналы
ЗП ТП	Защита от перегрева тиристорного преобразователя	T_защ. = 105 °С (0÷200) tср = 3 с (0÷60)	Отключение QG; Отключение QAE; Инвертирование ТП; Снятие импульсов; Сигнал «Вызов на щит»; Сигнал «Работа защит»; Вкл. индикаторы сработавшей защиты и «Вызов на щит» на панельном компьютере.
–	Защита от неисправности двух каналов регулирования	При неисправности или отсутствии питания регуляторов обоих каналов.	Отключение QG; Отключение QAE; Сигнал «Вызов на щит»; Сигнал «Авария КР1, КР2».

Сигналы «Отключить QG» и «Отключить QAE» выдаются до фактического отключения выключателя генератора и устройства гашения поля, но не дольше 3 с. Сигналы «Работа защит» и «Работа защит МУ» выдаются до фактического квитирования сработавшей защиты.

● 6. Человеко-машинные интерфейсы для работы с автоматическим регулятором возбуждения АРВ-ЭНС

Работа с автоматическим регулятором возбуждения АРВ-ЭНС возможна с помощью программы ENS-Link или с помощью программы ENSApp.

○ 6.1 ENS-Link

При запуске программы ENS-Link открывается ее основное окно, изображённое на рисунке Рисунок 22.

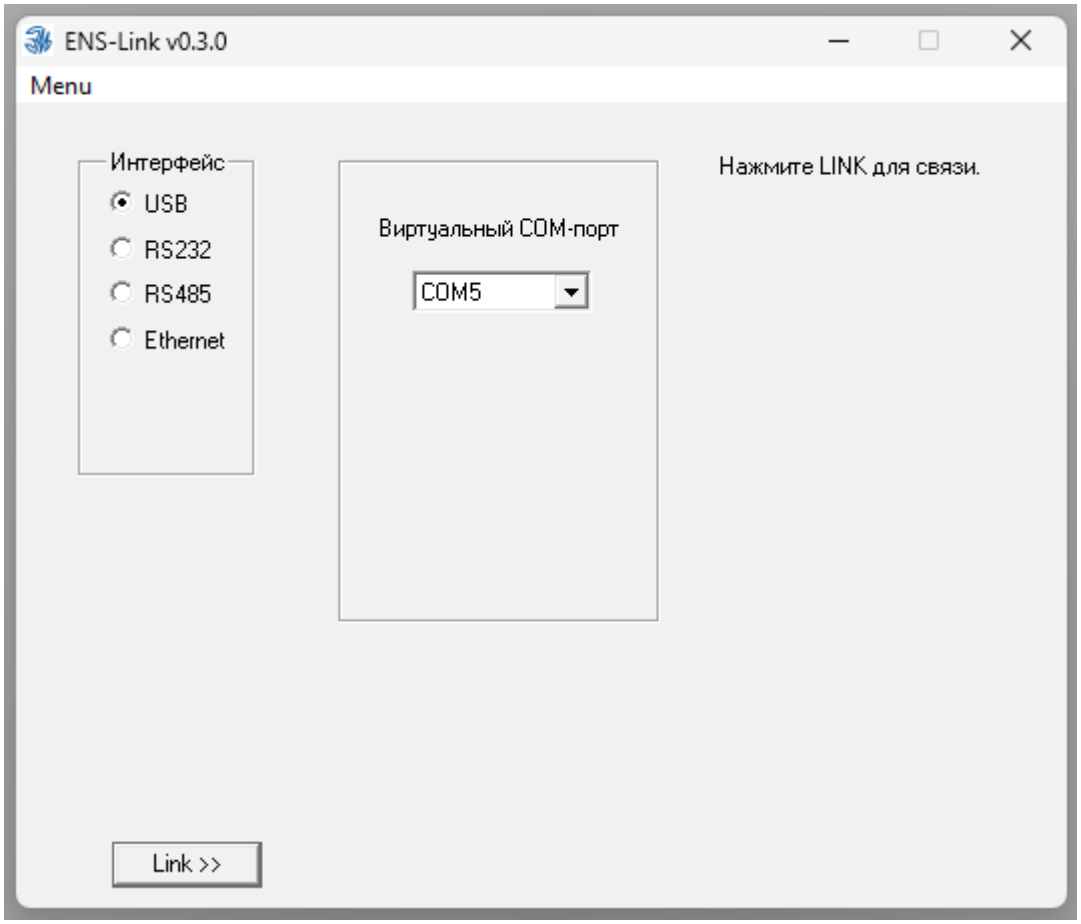


Рисунок 22 – Основное окно ПО ENS-Link

Номер версии программы всегда отображен в заглавной строке окна.

В левом верхнем углу находится вызов меню, изображённое на рисунке Рисунок 23.

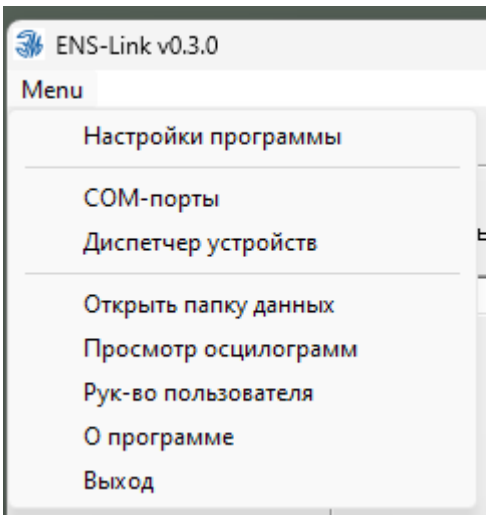


Рисунок 23 – Меню ПО ENS-Link

Меню содержит содержит пункты:

- **«Настройки программы»** - Открывается диалог настроек. Там находится выбор языка программы (английский-русский) и отображение режима работы Стандартный-Расширенный (предназначен для специально обученного персонала).
- **«COM-порты»** - Открывается окно отображения COM-портов, когда либо установленных на компьютере. Включает в себя и виртуальные COM-порты для USB-соединения. Если порт существует в данный момент — он помечается как «Exist» в колонке «State». При установке опции «Test Open» также делается попытка открытия имеющихся COM-портов (пометка «Free» если порт свободен для открытия, «Busy» если порт занят).
- **«Диспетчер устройств»** - для быстрого перехода в диспетчер устройств Windows
- **«Открыть папку данных»** - открывает в проводнике Windows папку данных сегодняшнего дня
- **«Просмотр осциллограмм»** - просмотр файлов аварийных осциллограмм, сохраненных из системы на USB-флешку (подробнее см. в разделе «Аварийный осциллограф»).
- **«Рук-во пользователя»** – открывает этот файл руководства
- **«О программе»** - выдает информацию о версии программы и ее компонентов
- **«Выход»** - выход из программы ENS-Link

Подключение и установление соединения.

Подключение в системе возбуждения (или другого цифрового оборудования производства ООО «Электромаш») может быть произведено по различным интерфейсам. Тот же самый тип интерфейса следует выбрать в группе выбора **«Интерфейсы»** основного окна программы:

«USB» - при соединении с АРВ-ЭНС USB-кабелем (при использовании кабеля USB A Male – USB A Male). Схема соединения изображена на рисунке 24.



Рисунок 24 – Соединение АРВ-ЭНС и ПК USB-кабелем

«RS232» - в актуальной продукции ООО «Электромаш» не применяется, используется для поддержки продукции более ранних разработок (через нуль-модемный RS232-кабель). При отсутствии на компьютере порта RS232 нужно использовать адаптер USB-RS232. Схема соединения изображена на рисунке 25.

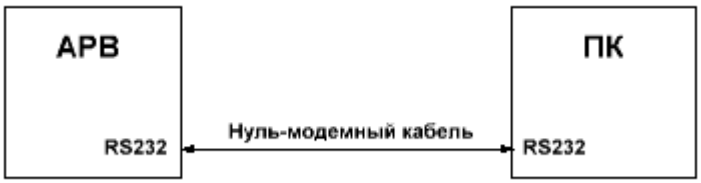


Рисунок 25 – Соединение АРВ-ЭНС и ПК нуль-модемным RS232-кабелем

«RS485» - при подключении к коммуникационному модулю КМ-2RS-ETH по 2-проводному интерфейсу RS485 (через адаптер USB-RS485). Для регуляторов АРВ-ЭНС-01(-03/-05) также возможно подключение напрямую к АРВ. Возможно подключение не напрямую к КМ-2RS-E или АРВ, а к клеммнику шкафа, до которого этот RS485 выведен. Схема соединения изображена на рисунке 26.

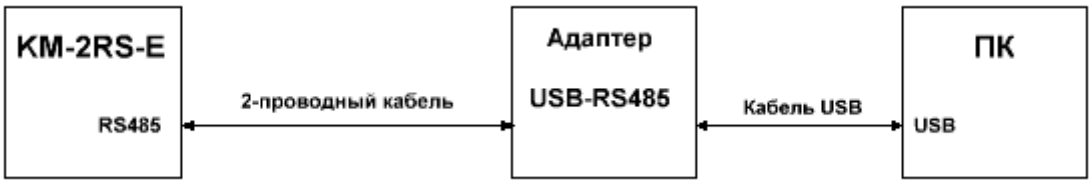


Рисунок 26 – Соединение АРВ-ЭНС и ПК через адаптер USB-RS485

«Ethernet» - при подключении к коммуникационному модулю KM-2RS-ETH по Ethernet (патч-корд с разъемом RJ-45). Для регуляторов АРВ-ЭНС(-03/-05) также можно подключаться напрямую к АРВ. Схема соединения изображена на рисунке 27.



Рисунок 27 – Соединение АРВ-ЭНС и ПК по Ethernet

Замечание. В режиме работы «Расширенный» возможны и другие интерфейсы подключения.

После выбора интерфейса (и, при необходимости, номера COM-порта) нажимать кнопку **«Link>>»**, при успешном установлении соединении окно программы приобретет вид, показанный на рисунке 28.

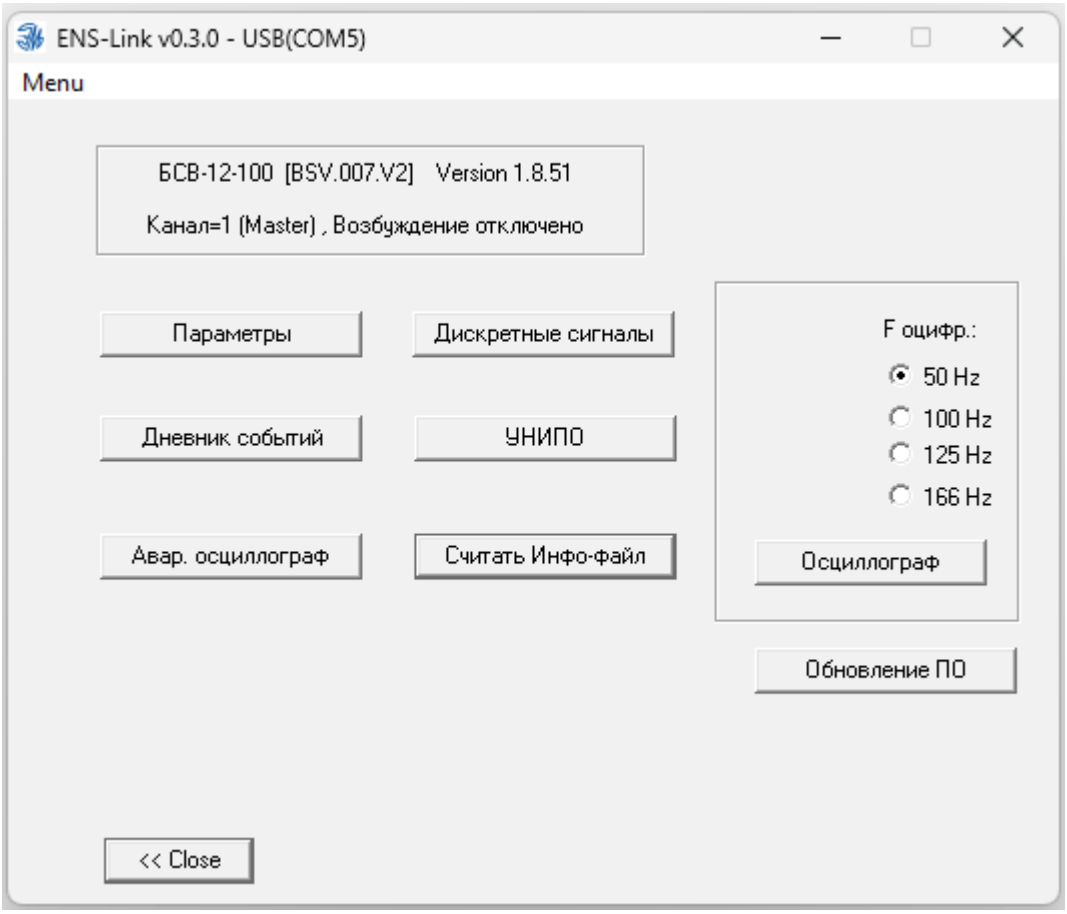


Рисунок 28 – Окно ПО ENS-Link после установления соединения

В верхнем левом углу (в рамке) - название системы, в скобках - кодовое название проекта (название прошивки) и номер версии прошивки. Ниже - номер

канала регулирования (для 2-канальных систем) и текущее состояние канала регулирования.

Параметры.

При нажатии кнопки **«Параметры»** открывается окно просмотра и редактирования параметров системы, показанное на рисунке 29.

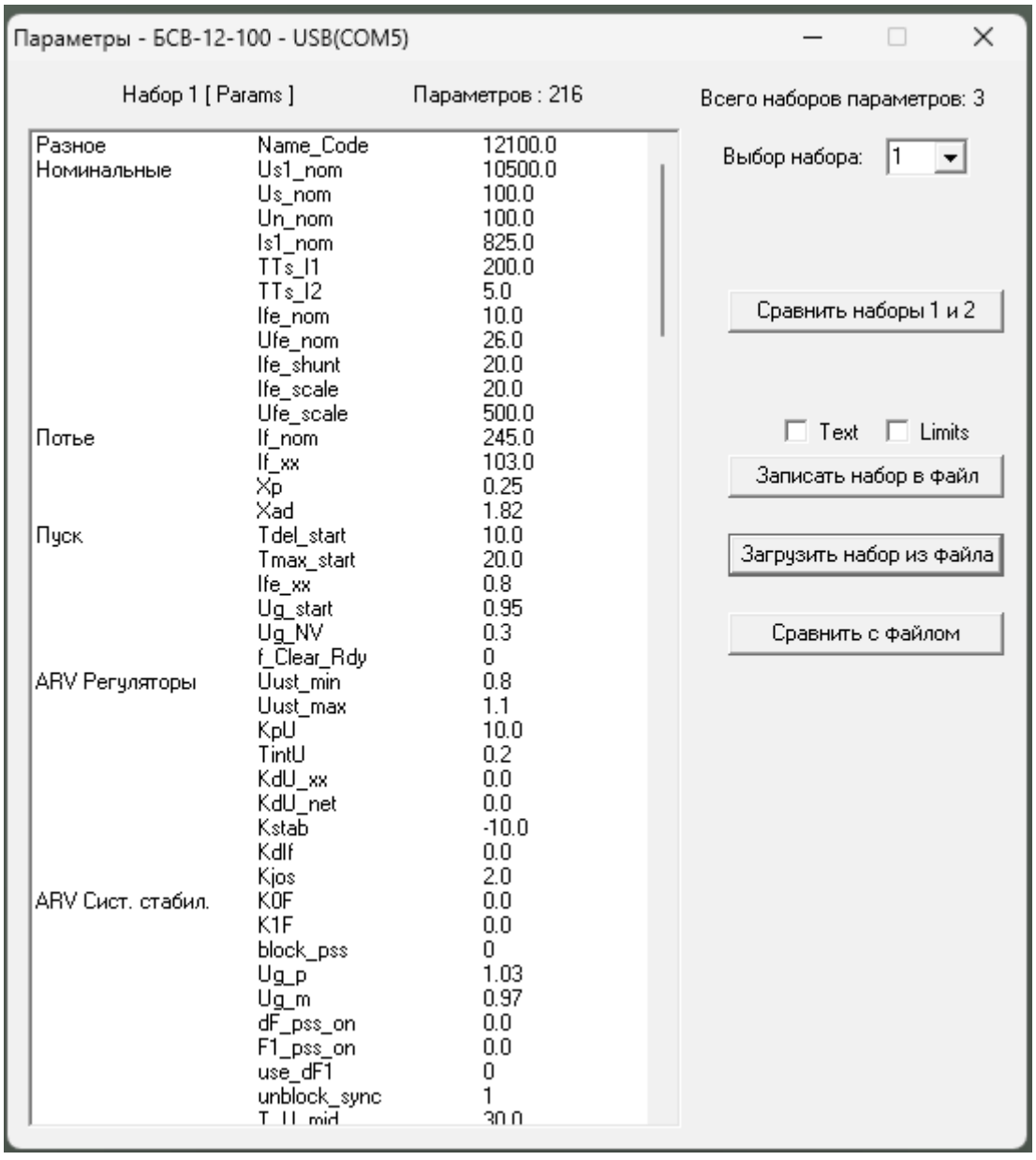


Рисунок 29 – Окно просмотра и редактирования параметров ПО ENS-Link

Системы на базе регуляторов АРВ-ЭНС обычно имеют три набора параметров:

Набор 0 - аппаратные константы и прочее (пользователю менять их не рекомендуется)

Набор 1 - текущие значения параметров регулятора

Набор 2 - значения параметров по умолчанию

При открытии окна Параметры всегда открывается набор 1.

В окне в левой части экрана выводится список параметров выбранного набора:

Группа параметров - Внутреннее имя параметра - Значение параметра.

Для изменения параметра требуется кликнуть по строке параметра и в открывшемся окне «Изменение параметра» ввести новое требуемое значение.

Справа от окна параметров имеются кнопки:

Кнопка **«Сравнить наборы 1 и 2»** - вызывает сравнение наборов «1» и «2» и выводит список отличий. Исходно (при поставке системы пользователю) наборы совпадают. Если отличие имеется, то есть возможность скопировать набор 2 в 1 (установка заводских значений) или наоборот 2 в 1 (разрешено только в расширенном режиме работы программы).

Кнопка **«Записать набор в файл»** - записывает выбранный набор параметров в текстовый файл *.param.txt

При этом имеются дополнительные настройки:

«Text» - добавляет в файл также текстовое описание каждого параметра

«Limits» - добавляет в файл также лимиты значений (минимум и максимум) для каждого параметра

Кнопка **«Загрузить набор из файла»** - позволяет загрузить текущий набор параметров АРВ из файла. Может применяться для переноса параметров из одной системы в другую. Для стандартного режима работы разрешена загрузка только набора «1».

Кнопка **«Сравнить с файлом»** позволяет сравнивать текущий набор параметров в АРВ и набор в файле (вывод списка отличий).

Дневник событий.

При нажатии кнопки **«Дневник событий»** открывается соответствующее окно, показанное на рисунке 30.

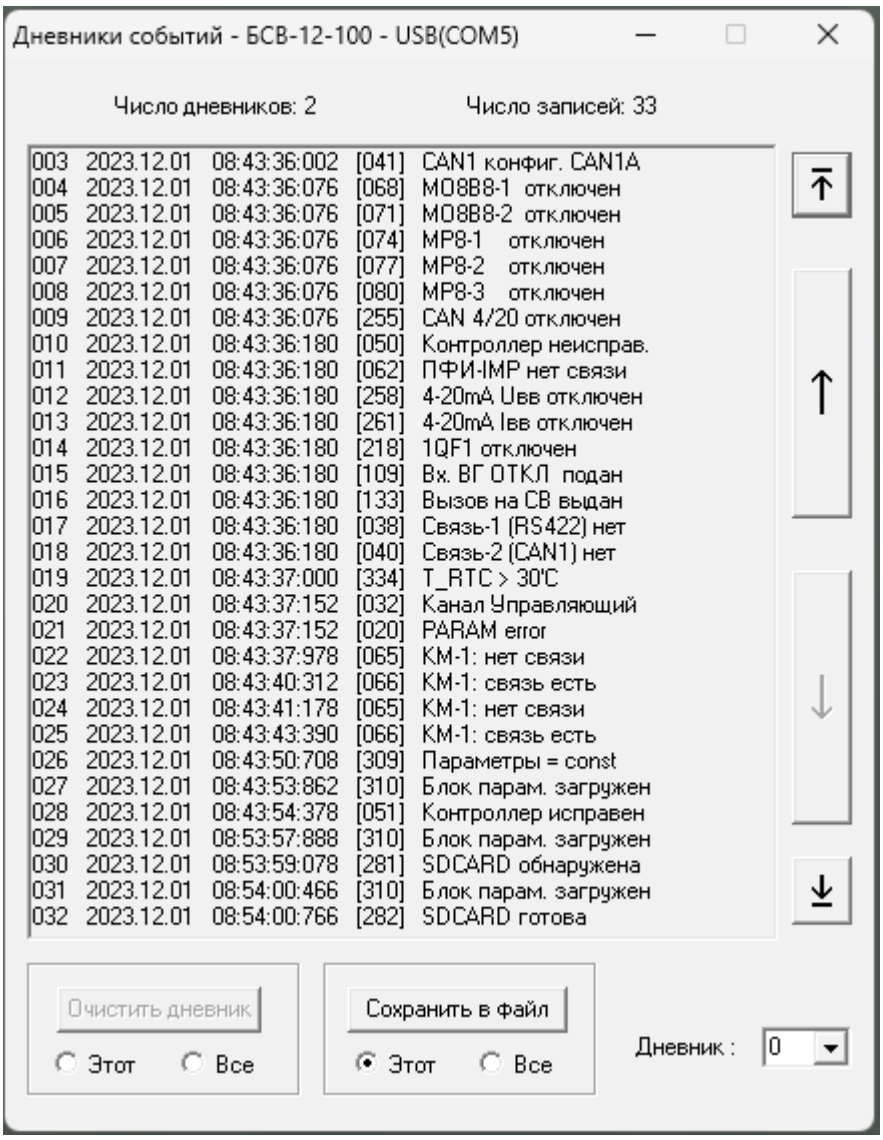


Рисунок 30 – Окно дневника событий ПО ENS-Link

Вверху окна отображается число дневников и число записей в выбранном дневнике.

Система как правило имеет два дневника - дневник событий (0) и дневник защит (1). Выбор отображаемого дневника - в правом нижнем углу.

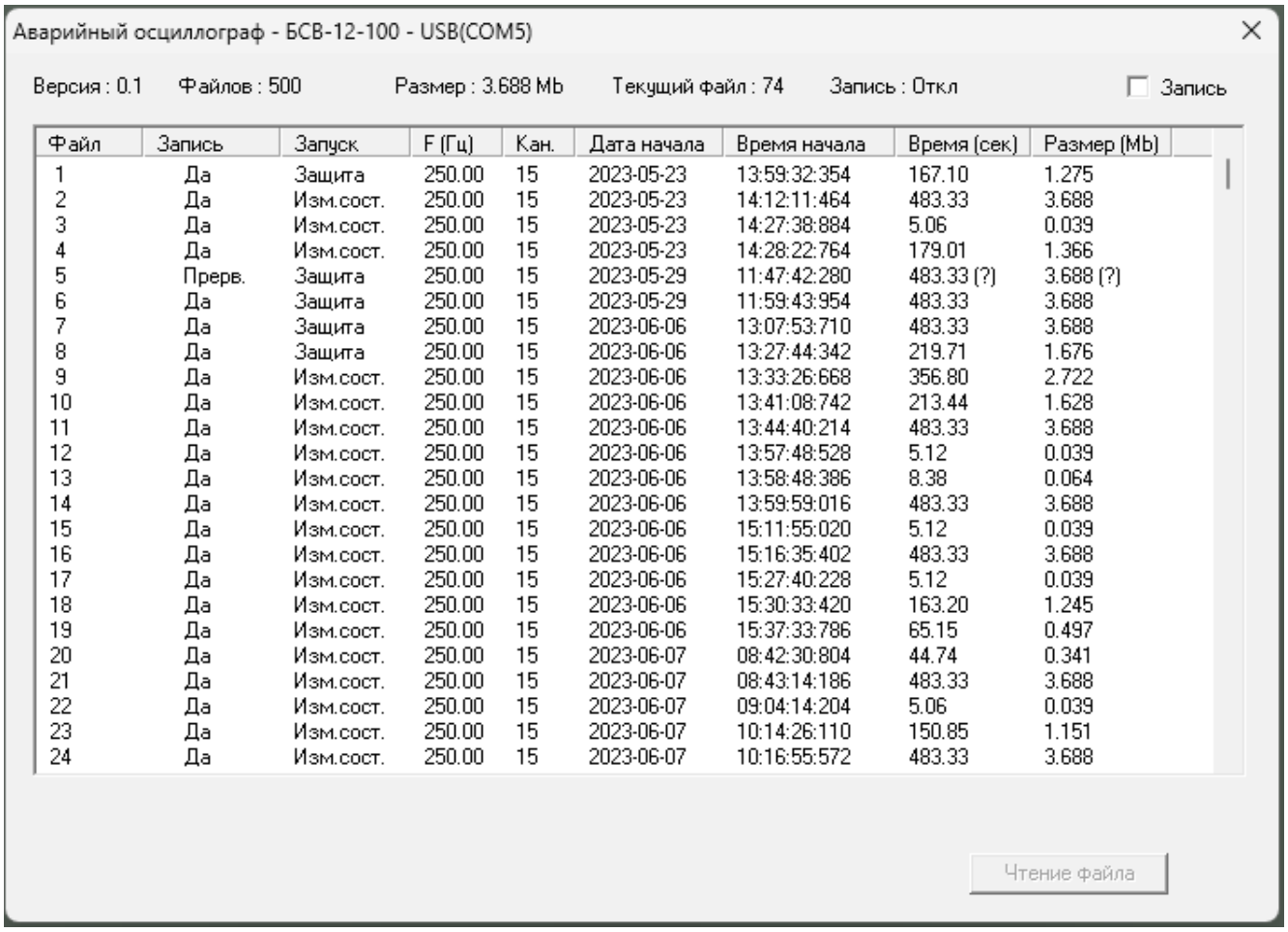
Каждая запись дневника отображается одной строкой, старые записи вверху, новые — внизу.

В строке отображаются: номер сообщения, дата (формат год.месяц.день), время (формат час:минута:секунда: миллисекунда), код сообщения (в квадратных скобках) и текст сообщения. 4 кнопки справа - навигация: в начало дневника, на страницу вверх, на страницу вниз, в конец дневника. Есть возможность сохранить дневник в файл (предварительно выбрав: сохранять

отображаемый дневник или все дневники). Есть возможность очистить дневник (предварительно выбрав: очистить отображаемый дневник или все дневники).

Аварийный осциллограф.

При нажатии кнопки **«Аварийный осциллограф»** открывается соответствующее окно, показанное на рисунке Рисунок 31.



Файл	Запись	Запуск	F (Гц)	Кан.	Дата начала	Время начала	Время (сек)	Размер (Mb)
1	Да	Защита	250.00	15	2023-05-23	13:59:32:354	167.10	1.275
2	Да	Изм.сост.	250.00	15	2023-05-23	14:12:11:464	483.33	3.688
3	Да	Изм.сост.	250.00	15	2023-05-23	14:27:38:884	5.06	0.039
4	Да	Изм.сост.	250.00	15	2023-05-23	14:28:22:764	179.01	1.366
5	Прерв.	Защита	250.00	15	2023-05-29	11:47:42:280	483.33 (?)	3.688 (?)
6	Да	Защита	250.00	15	2023-05-29	11:59:43:954	483.33	3.688
7	Да	Защита	250.00	15	2023-06-06	13:07:53:710	483.33	3.688
8	Да	Защита	250.00	15	2023-06-06	13:27:44:342	219.71	1.676
9	Да	Изм.сост.	250.00	15	2023-06-06	13:33:26:668	356.80	2.722
10	Да	Изм.сост.	250.00	15	2023-06-06	13:41:08:742	213.44	1.628
11	Да	Изм.сост.	250.00	15	2023-06-06	13:44:40:214	483.33	3.688
12	Да	Изм.сост.	250.00	15	2023-06-06	13:57:48:528	5.12	0.039
13	Да	Изм.сост.	250.00	15	2023-06-06	13:58:48:386	8.38	0.064
14	Да	Изм.сост.	250.00	15	2023-06-06	13:59:59:016	483.33	3.688
15	Да	Изм.сост.	250.00	15	2023-06-06	15:11:55:020	5.12	0.039
16	Да	Изм.сост.	250.00	15	2023-06-06	15:16:35:402	483.33	3.688
17	Да	Изм.сост.	250.00	15	2023-06-06	15:27:40:228	5.12	0.039
18	Да	Изм.сост.	250.00	15	2023-06-06	15:30:33:420	163.20	1.245
19	Да	Изм.сост.	250.00	15	2023-06-06	15:37:33:786	65.15	0.497
20	Да	Изм.сост.	250.00	15	2023-06-07	08:42:30:804	44.74	0.341
21	Да	Изм.сост.	250.00	15	2023-06-07	08:43:14:186	483.33	3.688
22	Да	Изм.сост.	250.00	15	2023-06-07	09:04:14:204	5.06	0.039
23	Да	Изм.сост.	250.00	15	2023-06-07	10:14:26:110	150.85	1.151
24	Да	Изм.сост.	250.00	15	2023-06-07	10:16:55:572	483.33	3.688

Рисунок 31 – Окно аварийный осциллограф ПО ENS-Link

В верхней части диалогового окна расположена информационная строка, содержащая номер версии системы осциллографирования (0.1 в представленной версии ПО), общее число файлов, размер файлов, номер текущего файла (в который производится или будет производиться очередная запись осциллограммы), состояние записи (включена или отключена). Правее - флажок для запуска записи вручную.

В центре диалогового окна расположен список файлов, для каждого из которых указаны атрибуты:

1. Номер файла
2. Состояние записи в этот файл (текущий файл также отмечен знаком »)

- «Нет» – запись в этот файл не производилась
- «Да» – файл содержит запись
- «ЗАПИСЬ» – в этот файл идет запись в настоящее время

3. Причина запуска записи для этого файла:

- «Ручной» – запуск вручную из УНИПО или ENS-Link;
- «Циклич.» – запуск в режиме циклической записи
- «Изм. Сост.» - запуск по изменению состояния, например при пуске
- «Изм U_s ($U_д$)» - запуск по внезапному изменению напряжения статора генератора
- «Изм I_s ($I_д$)» - запуск по внезапному изменению тока статора генератора
- «Изм U_f ($U_в$)» - запуск по внезапному изменению напряжения возбуждения
- «Изм I_f ($I_в$)» - запуск по внезапному изменению тока возбуждения
- «Форсир.» - запуск по релейной форсировке
- «Защита» - запуск по срабатыванию защиты.

  Если файл является продолжением предыдущего (в режимах циклической и ручной записи), то в графе запуск он будет отмечен символом «#»

4. Частота оцифровки в Гц
5. Число каналов записи
6. Дата начала записи файла в формате Год.Месяц.День
7. Время начала записи файла в формате Час:Минута:Секунда:Миллисекунда
8. Длительность записи, содержащейся в этом файле (в секундах)
9. Размер области данных в файле (в Мегабайтах).

В правом нижнем углу расположена кнопка «ЧТЕНИЕ ФАЙЛА», которая становится доступной при установке указателя на файл, содержащий запись. При нажатии этой кнопки происходит считывание файла, которое может занимать до нескольких минут. Процесс считывания индицируется прогресс-индикатором и при необходимости может быть прерван повторным нажатием на эту же кнопку («ПРЕРВАТЬ ЧТЕНИЕ»).

Считывание осциллограммы проводится в файл:

DATA\YYYY.MM.DD\HH.MM.SS_Rx_Nnnn_(yyyy.mm.dd_hh.mm.ss.mmm).gra

где:

YYYY – год, MM – месяц, DD – день, HH – час, MM – минута, SS – секунда начала чтения файла

Rx – номер канала регулирования: R1 или R2

Nnnn – номер файла (где nnn=001 …500), например: N027

yyyy – год, mm – месяц, dd – день, hh – час, mm – минута, ss – секунда, mmm – миллисекунда начала записи файла

Таким образом, файлу всегда дается уникальное имя.

Дискретные сигналы.

При нажатии кнопки **«Дискретные сигналы»** открывается соответствующее окно, показанное на рисунке 32.



Рисунок 32 –Окно дискретных сигналов ПО ENS-Link

Группа выбора «Регистр ДВВ» позволяет выбрать тот модуль Дискретного Ввода-Вывода, который следует отображать, каждый модуль может иметь как дискретные входы так и дискретные выходы (или только что-то одно).

Модули, с которыми есть связь помечены зеленой стрелкой, модули с которыми нет связи — красным крестом.

Группы «Входы» и «Выходы» отображают состояние соотв. дискретных сигналов (галочка показывает наличие сигнала).

По умолчанию режим работы - «Просмотр»

Режим «Проверка выходов» позволяет проверить прохождение сигнала сгенерировав выдачу на соотв. выходе. Режим может быть включен только на рабочем канале (Master) и только в исходном состоянии (Возбуждение отключено).

УНИПО

При нажатии кнопки **«УНИПО»** открывается соответствующее окно, показанное на рисунке 33.

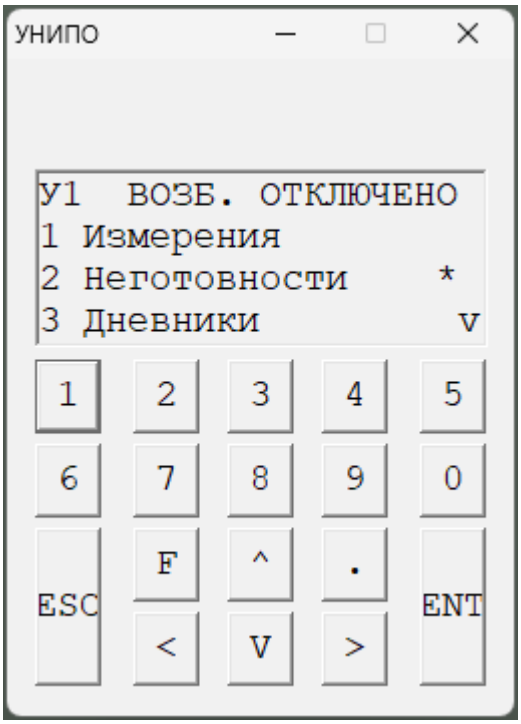


Рисунок 33 – УНИПО в ПО ENS-Link

УНИПО (УНИверсальная Панель Оператора) представляет виртуальный буквенно-цифровой индикатор (4 строки по 80 символов), отображающий меню встроенного в систему ПО. Стрелки Вверх/Вниз - навигация по меню. ENT – вход в подменю (на уровень ниже), ESC – возврат на уровень выше. Структура меню зависит от системы и более подробно отражена в Руководстве по Эксплуатации

на систему. Это альтернатива использованию УНИПО на Панели Оператора на стенке шкафа. Следует иметь в виду: ENS-Link отображает УНИПО только для того канала, к которому в данный момент произведено подключение.

Считать Инфо-файл.

При нажатии кнопки **«Считать Инфо-файл»** происходит считывание в один файл параметров, и прочей информации из системы (канала регулирования). Процесс считывания занимает несколько секунд и сопровождается отображением прогресс-индикатора. Считанный файл имеет текстовый вид (расширение *.info.txt). Этот файл может быть запрошен у Вас при обращении за поддержкой в ООО «Электромаш». Для 2-канальной системы потребуется считать файлы с обоих каналов регулирования.

Осциллограф

Группа содержит выбор частоты оцифровки (ряд 50, 100, 125, 166 Гц) и кнопку запуска процесса. Нажатие кнопки **«Осциллограф»** приводит открытию соответствующего окна, показанного на рисунке Рисунок 34.

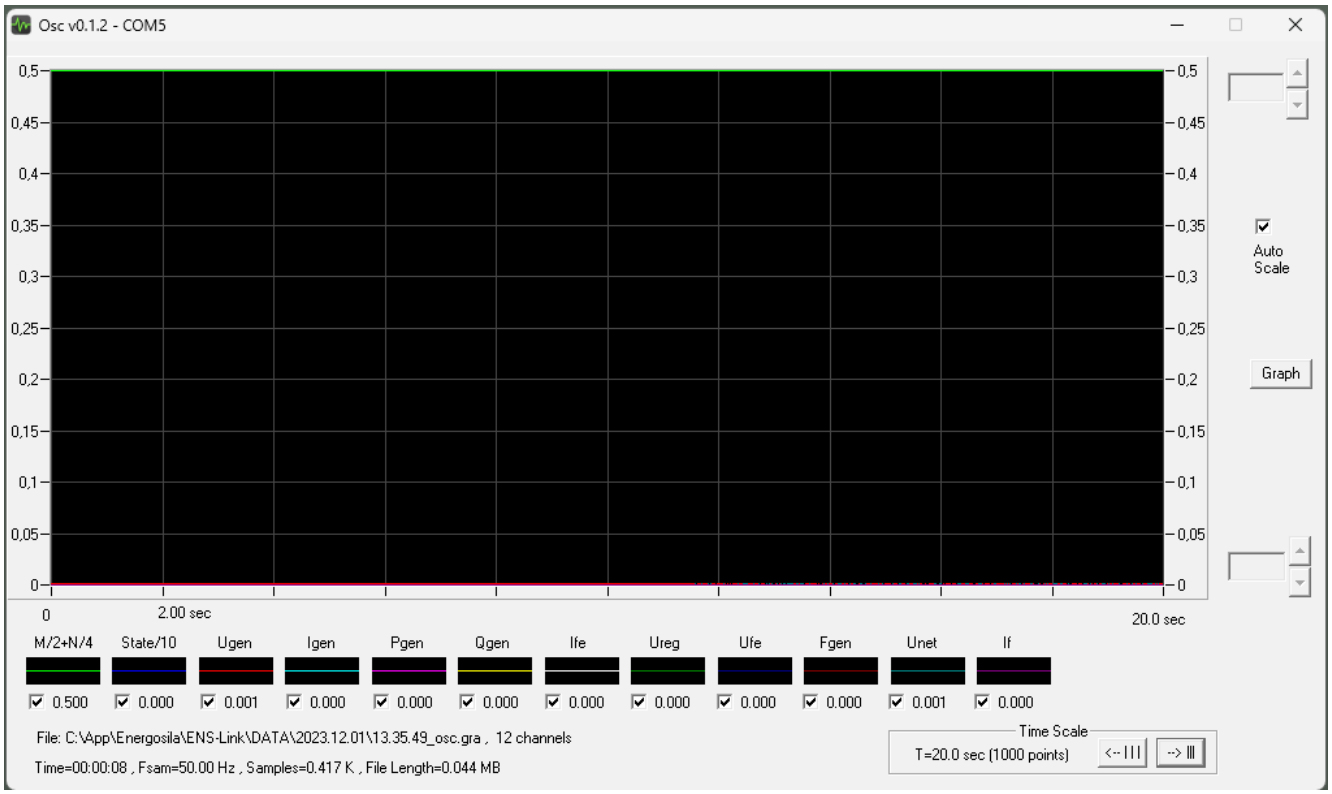


Рисунок 34 – Осциллограф в ПО ENS-Link

При это работает отдельное приложение Osc.exe (находится в папке установки ENS-Link).

В этом окне можно наблюдать в реальном времени (с заранее выбранной частотой F_оцифр) набор сигналов (набор зависит от системы).

Внизу экрана сигналов отображается легенда графиков и текущие значения сигналов, еще ниже - название файла, число каналов записи (то есть число сигналов), время записи, частота оцифровки, число записанных точек оцифровки (семплов), длина файла. Записываемый файл имеет расширение .gra.

По умолчанию включен авто-масштаб по вертикали («Auto-Scale»), если его отключить, то можно задавать нижнюю и верхнюю границу графика вручную.

Данные пишутся в файл сколь угодно долго, пока не закрыть приложение Osc.exe. но показываются только последние полученные данные (последние N секунд, где N зависит от настройки «Time Scale»).

При необходимости просмотра данных целиком - нажать кнопку «Graph» - вызывается другое приложение Graph.exe (находится в папке установки ENS-Link).

- **6.2 ENSApp**

Общие сведения.

Программа ENSApp представляет собой приложение, предназначенное для работы с системами возбуждения на основе регуляторов АРВ-ЭНС. ENSApp устанавливают на панельный компьютер.

Связь панельного компьютера с регуляторами АРВ-ЭНС КР1 или КР2 осуществляется по Ethernet с использованием протокола Modbus TCP. Кабели связи от панельного компьютера подключены к регуляторам АРВ-ЭНС КР1 и КР2 в разъем LAN (RJ45) на лицевой панели. При таком типе подключения информация от обоих каналов регулирования считывается от одного из регуляторов (по одной из точек подключения), а при отключении одного из регуляторов информация от обоих каналов регулирования считывается от регулятора, который остался в работе. Таким образом реализована горячая подмена интерфейса при задержке ответа по каналу связи.

Программная оболочка «EnsApp», установленная на панельном компьютере, является обособленной программной единицей и не влияет на работу регулятора АРВ-ЭНС. Таким образом, отключение панельного компьютера не окажет влияния на работу системы возбуждения.

Программная оболочка запускается автоматически при включении панельного компьютера, а также может быть запущенна вручную с помощью ярлыка на рабочем столе «EnsApp».

Внимание!

Представленное ниже описание панельного компьютера носит ознакомительный характер. Реальное отображение схем и разделов в программной оболочке, установленной на панельном компьютере, может отличаться от рисунков, представленных ниже.

При первом запуске программы «EnsApp» (после первичной установки или после обновления) выполняется настройка подключения панельного компьютера к регуляторам АРВ-ЭНС КР1 и КР2 в соответствии с рисунком 36:

- номер СВ – 1;
- проект – Казанская ТЭЦ-2;
- число каналов – 2;
- интерфейс для подключения – Ethernet;
- подключение кабеля связи – прямо к КР;
- IP-адрес АРВ-ЭНС КР1 – 192.168.1.200;
- IP-адрес АРВ-ЭНС КР2 – 192.168.2.200;
- UID КР1 – 2;
- UID КР1 – 3.

В дальнейшем, чтобы окно первичной настройки при запуске программы не отображалось, необходимо снять галочку «Показывать окно настройки при старте приложения».

После настройки необходимо нажать кнопку «Сохранить».

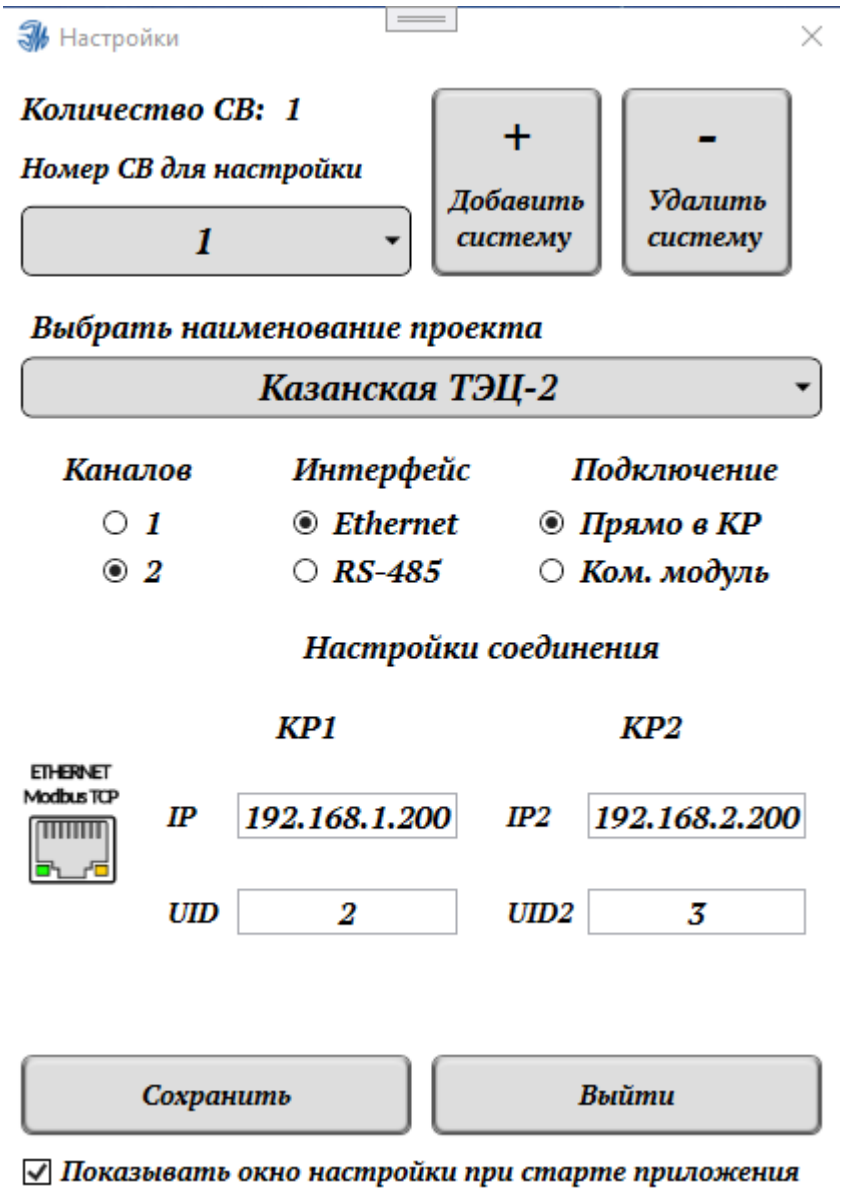


Рисунок 35 - Окно первичной настройки программы

После успешной настройки соединения при запуске программы открывается **главное меню** (см. рисунок 36), на котором отображаются следующие элементы:

- наименование системы возбуждения;
- версия программного обеспечения;
- текущие дата и время;
- индикаторы питания КР1 и КР2;
- поле ввода для отображения измерений в относительных единицах;
- индикатор местного управления;

- состояние системы возбуждения;
- основные измерения: P, Q, Is, Us, If, Uf;
- вкладки: «Схемы», «Дневники», «Неготовности», Осциллограммы», «Сервис».

В правой части главного окна отображается *панель управления и индикации*, содержащая следующие элементы:

- версия программной оболочки EnsApp;
- индикатор «Готовность СВ» (перед пуском), «Вызов на щит» (при наличии неисправностей в любом из каналов регулирования) или «СВ в работе» (при работе с возбуждением и отсутствии неисправностей);
- индикаторы готовности каналов регулирования;
- кнопки-индикаторы «Выбора канала»;
- кнопки-индикаторы «Выбор режима регулирования»;
- кнопки-индикаторы «Уставка»;
- кнопки-индикаторы «Возбуждение»;
- табло индикации режимов работы;
- кнопки-индикаторы «Управление QAE».

Панель управления и индикации является постоянной и отображается в любой вкладке панельного компьютера.

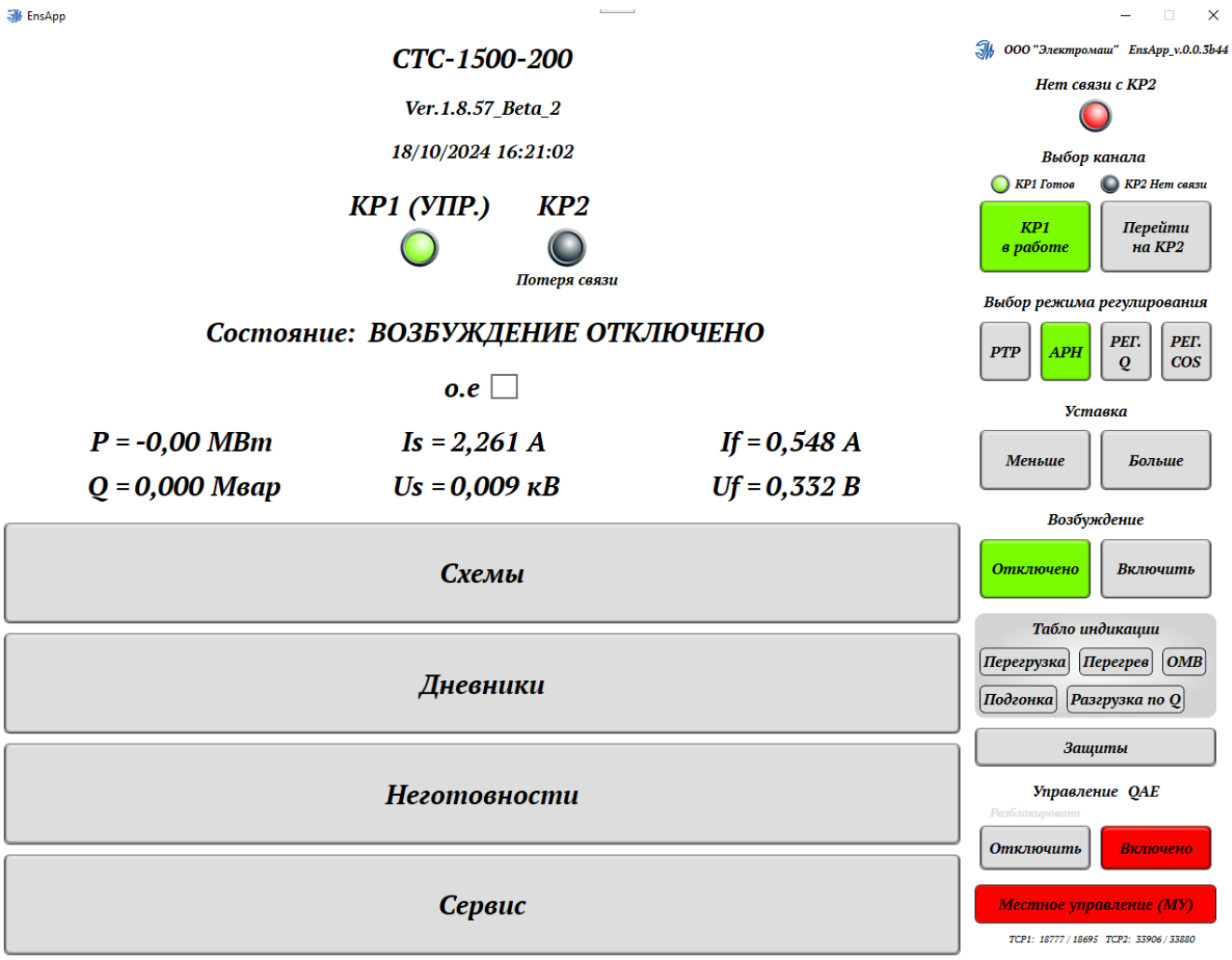


Рисунок 36 – Главное окно панельного компьютера с ПО ENSApp

Кнопка-индикатор «АРН»

При работе в режиме АРН обеспечивается автоматическое регулирование по напряжению генератора, режим точной синхронизации с включением в сеть, штатная работа генератора в сети. Все эти процессы происходят на регуляторе АРН по умолчанию.

Кнопка-индикатор «РТР»

При работе в режиме РТР обеспечивается регулирование по току возбуждения. Переход на режим РТР доступен на холостом ходу генератора и при работе генератора в сети. Автоматический переход на регулятор РТР происходит при потере цепей измерения напряжения генератора либо при перегрузке ротора. Регулятор тока ротора не стабилизирует работу агрегата в случае системных возмущений. Вследствие этого штатная работа генератора на регуляторе РТР не рекомендуется.

Кнопка-индикатор «PQ»

Включение режима регулятора по реактивной мощности. Переход на режим рег.Q осуществляется только при работе генератора в сети. Автоматический переход возможен при возникновении неисправности в силовой схеме, например, перегрева тиристоров, с разгрузкой по реактивной мощности и запретом форсировки. В штатном режиме работы регулятор необходим для поддержания уровня реактивной мощности.

Кнопка-индикатор «COS»

Включение режима регулирования коэффициента мощности. Переход на режим регулирования коэффициента мощности осуществляется только при работе генератора в сети.

Кнопки-индикаторы «Уставка»

Предназначены для управления уставкой выбранного режима регулирования. При достижении максимального или минимального значений уставки выбранного режима регулирования соответствующие индикаторы подсветятся желтым цветом.

На холостом ходу при работе на регуляторе АРН команды «Меньше» и «Больше» позволяют изменять напряжение на зажимах генератора в пределах от 0,8·Uн до 1,1·Uн.

При работе на регуляторе РТР уставка изменяется в пределах от 0 до 1 номинального значения If, либо до ограничителя тока холостого хода.

При работе на регуляторе Q уставка воздействует на изменение реактивной мощности (возможно только в сети). При этом продолжает действовать уставки по напряжению.

В сети уставка воздействует на реактивную мощность генератора, при регулировании по Q, на угол между током и напряжением статора генератора, при регулировании по cosφ или на напряжение генератора, при работе на регуляторе АРН. «Нижним» граничным значением уставки является режим ограничения минимального возбуждения ОМВ.

Кнопки-индикаторы «Возбуждение»

Команда на включение возбуждения «проходит» при наличии сигнализации о готовности системы возбуждения. Выдается команда на включение контактора КМ1 в ШВ (контактор начального возбуждения) и подаются импульсы управления на тиристорный преобразователь. При достижении напряжения статора генератора 30 % от номинального значения снимается

команда на включение контактора КМ1 в ШВ. При напряжении статора генератора ≥ 60 % от номинального значения выдается сигнал «Возбуждение включено» (подсвечивается кнопка-индикатор «Включено»).

Табло индикации

По умолчанию в табло отображаются основные ограничения режима работы (перегрузка, перегрев, ОМВ), индикатор местного управления и кнопка-индикатор «Защиты».

Табло «Перегрузка» подсвечивается желтым цветом при токе возбуждения или токе статоры выше значения 1,05·Iвн. При превышении этого значения начинает накапливаться тепловой интеграл.

Табло «Перегрев» подсвечивается желтым цветом при накоплении теплового интеграла по току возбуждения или току статора.

При накоплении интеграла по току ротора система возбуждения снижает уставку напряжения до тех пор, пока регулятор не перейдет в режим РН при Iв = Iв_разг. В этом режиме происходит процесс остывания. Длительность процесса остывания принята равной 20 мин.

При накоплении интеграла по току статора система возбуждения переходит в режим регулирования Q и снижает реактивную мощность до нуля. В этом режиме происходит процесс остывания. Длительность процесса остывания принята равной 20 мин. По окончанию режима остывания продолжается работа на регуляторе Q.

Табло «ОМВ» подсвечивается желтым цветом при входе в режим ограничения минимального возбуждения.

Табло «МУ» подсвечивается красным цветом при включенном местном управлении. Местное управление включается в шкафу ШУ с помощью переключателя SA1. Если местное управление отключено, то кнопки-индикаторы на панельном компьютере работают в режиме индикации и не реагируют на их нажатие.

Кнопка-индикатор «Защиты» подсвечивается красным цветом при срабатывании какой-либо защиты. При нажатии на кнопку-индикатор появляется всплывающее окно, в котором отображается в каком канале регулирования и какая защита сработала, а также кнопка квитирования сработавшей защиты.

Кнопки-индикаторы «QAE»

Кнопки-индикаторы предназначены для ручного управления устройством гашения поля QAE. Сигнализация «QAE включен/отключен» показывается подсвечиванием соответствующей кнопки-индикатора.

Во вкладке «Схемы» (см. рисунок 37) отображается структурная схема системы возбуждения с индикацией положения основных коммутационных аппаратов и поля значений соответствующих аналоговых параметров. Значения параметров могут отображаться как в именованных единицах, так и в относительных. Для перехода к относительным единицам необходимо установить галочку в поле ввода «о.е.».

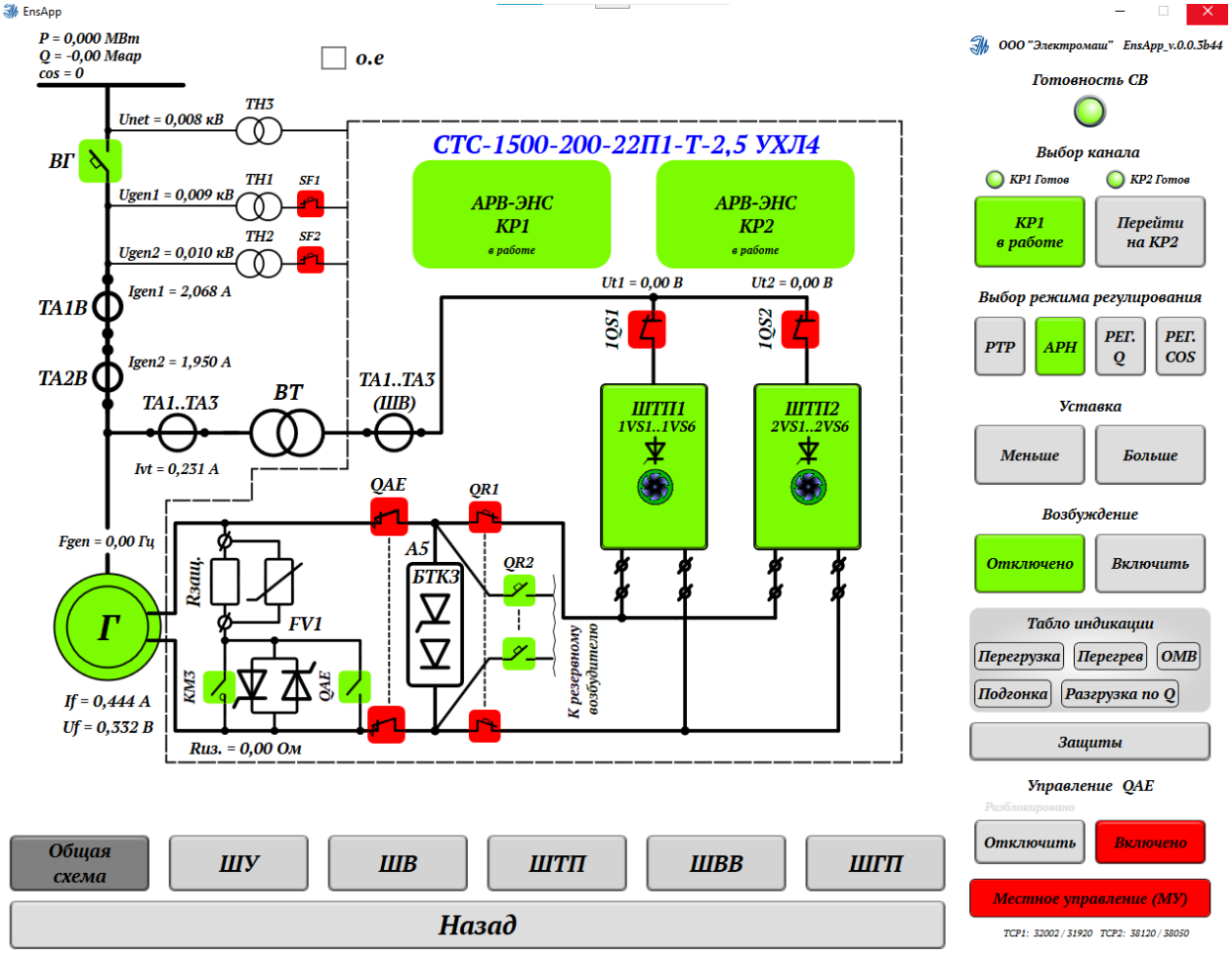


Рисунок 37 – Вкладка «Схемы» на панельном компьютере

Также во вкладке «Схемы» есть кнопки выбора схем отдельных шкафов, где более детально отражены основные элементы схем этих шкафов.

Во вкладке «Дневники» (см. рисунок 38) отображаются дневники событий и защит с обоих каналов регулирования.

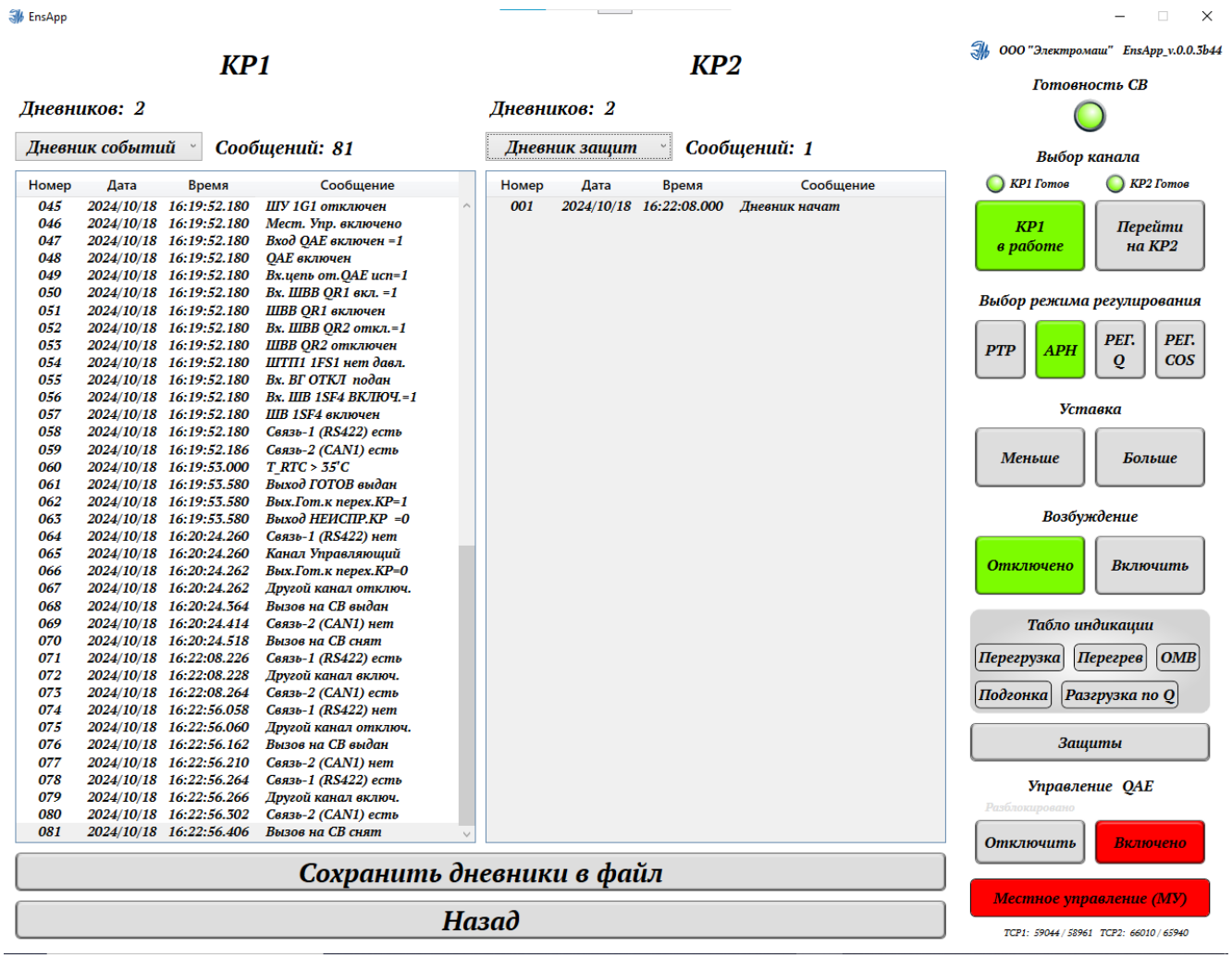


Рисунок 38 – Вкладка «Дневники» на панельном компьютере

В дневниках записываются сообщения с обоих каналов регулирования. Самые нижние сообщения в окне соответствуют более поздним сообщениям. В окне одновременно могут быть отображены события и защиты от всех каналов регулирования.

Во вкладке «Неготовности» (см. рисунок 39) отображается активный на данный момент список неготовностей и вызовов на щит для обоих каналов регулирования.

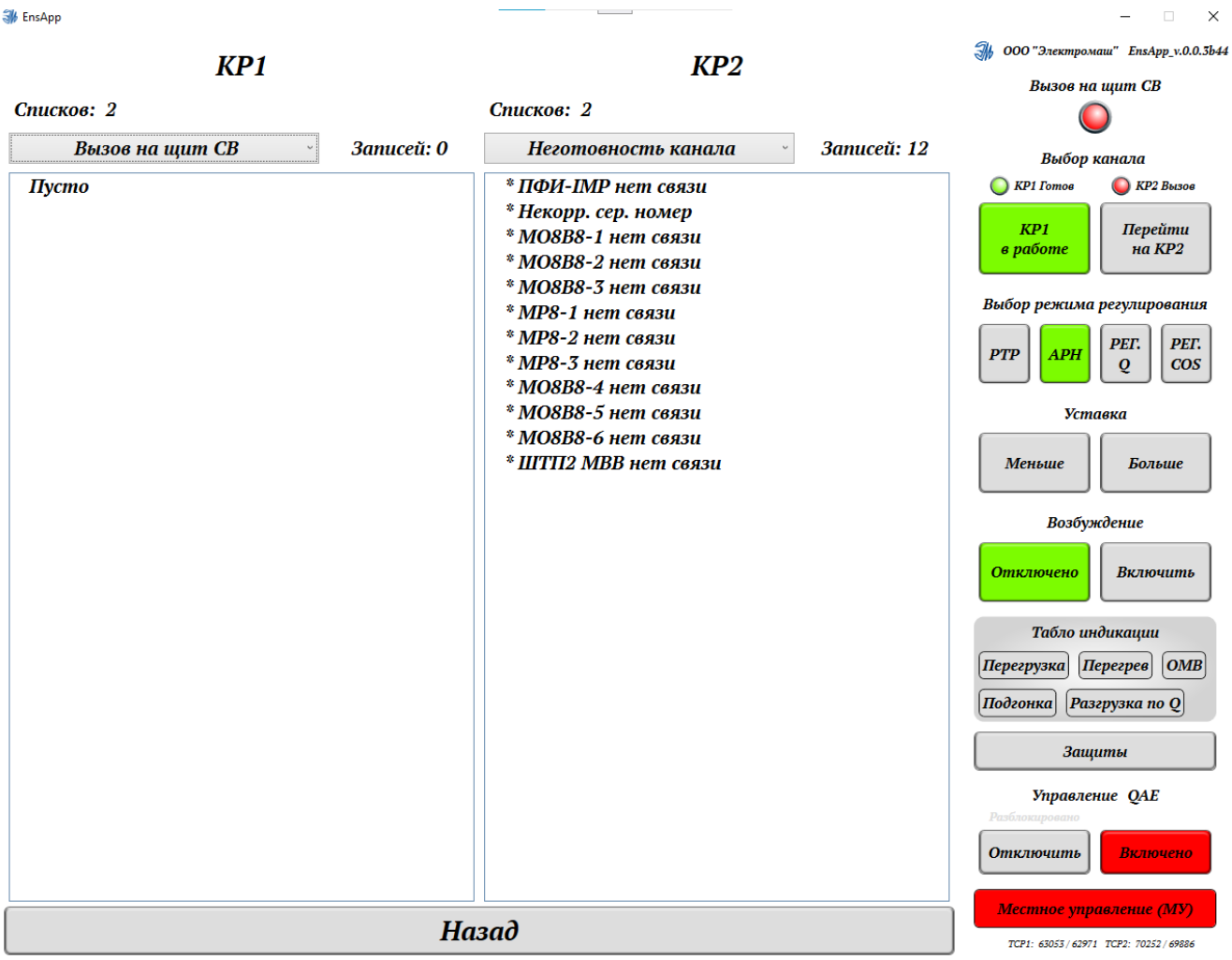


Рисунок 39 – Вкладка «Неготовности» на панельном компьютере

Во вкладке «Сервис» (см. рисунок 40) отображается универсальная панель оператора УНИПО для обоих каналов регулирования, которая позволяет просматривать текущую информацию о работе генератора и системы возбуждения, осуществлять настройку параметров регулятора АРВ-ЭНС, параметров ограничителей и защит системы возбуждения. Подробное описание и порядок работы с УНИПО приведено в руководстве по эксплуатации на систему возбуждения.

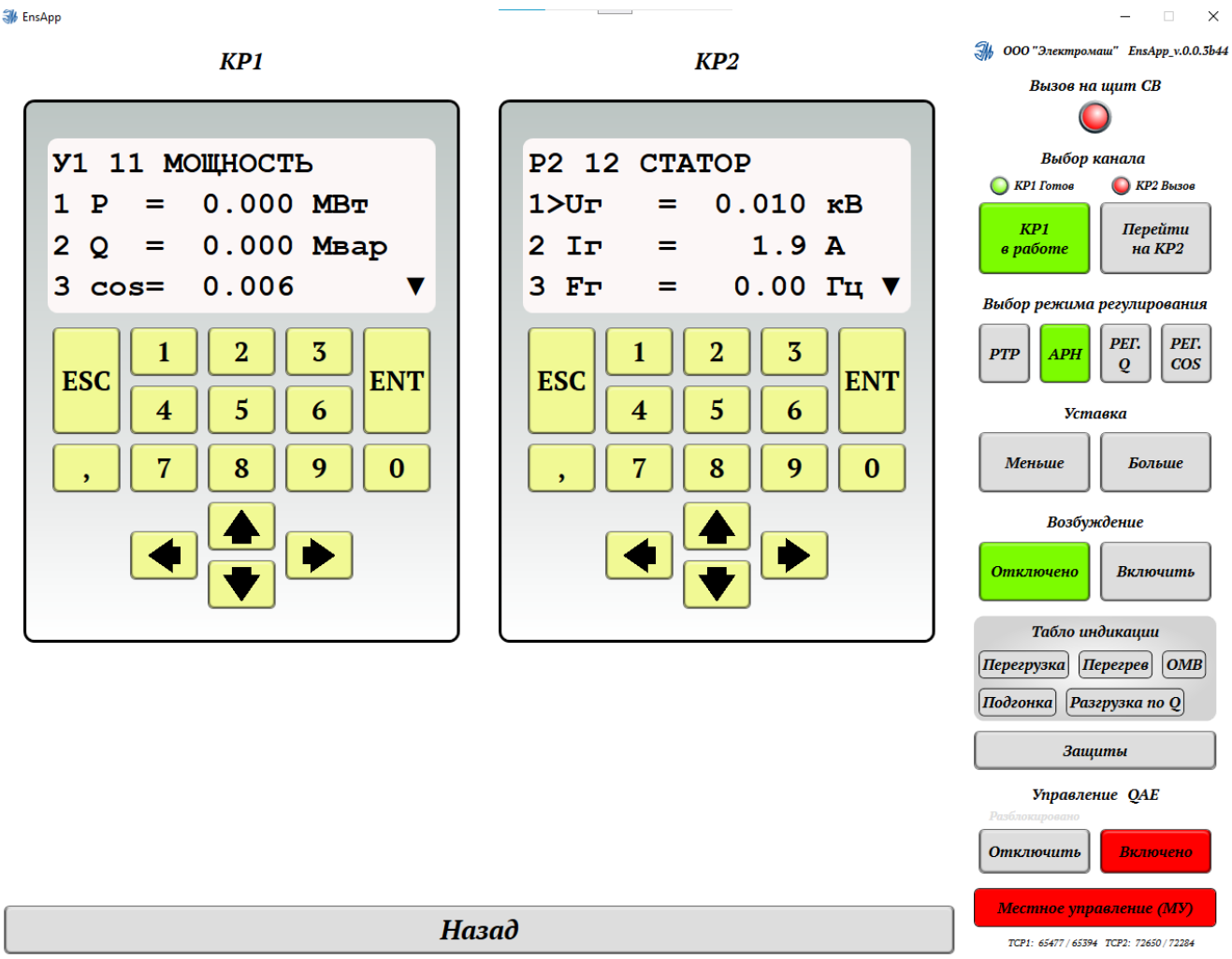


Рисунок 40 – Вкладка «Сервис» на панельном компьютере

- **7. Техническое обслуживание**

●Регулярно проверяйте состояние плат и разъемов.
●Обновляйте ПО через ENS-Link (кнопка “Обновление ПО”).
●Контролируйте тепловые параметры (токи ротора/статора, температуру преобразователя).

- **8. Аварийные ситуации**

●Отказ канала регулирования: Автоматический переход на резервный канал.
●Потеря связи: Проверьте кабели и настройки IP (для Ethernet).
●Неуспешный пуск: Проверьте напряжение статора (должно быть ≥30% от номинального).

- **Контакты**

Контакты технической поддержки:

Телефон: 8 (812) 407-23-87

E-mail: info@electromash.spb.ru