

РЗ и А



Н.Н. Малышева

МИКРОПРОЦЕССОРНЫЕ РЕЛЕЙНЫЕ ЗАЩИТЫ

Часть 1

Н.Н. Малышева

МИКРОПРОЦЕССОРНЫЕ РЕЛЕЙНЫЕ ЗАЩИТЫ

ЧАСТЬ 1

Учебное пособие

Нижневартовск
2019

ББК 32.965-044.237

М 18

Печатается по постановлению Редакционно-издательского совета
Нижевартовского государственного университета

Рецензенты:

д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой электроснабжения промышленных предприятий
ФГБОУ ВО «Северо-Кавказский горно-металлургический институт *Р.В. Клюев*;

канд. техн. наук, начальник отдела продаж ЗСП-1 ЗАО «ГК «Электроцит»-ТМ Самара»
А.А. Зябкин

М 18 Малышева, Н.Н.

Микропроцессорные релейные защиты. Часть 1 : учебное пособие. – Нижневартовск: НВГУ, 2019. – 95 с.

ISBN 978-5-00047-512-6

В учебном пособии изложены принципы работы с микропроцессорными терминалами релейной защиты. Содержатся рекомендации по проверке и настройке уставок защиты блоков и составлению отчетов по проверке блоков Seram 40. Рассмотрена организация работы защит для действующей электроустановки, программирование отдельных защит и комплексная работа защит устройства; дан анализ результатов проверки по осциллограммам.

Для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника» и курсов повышения квалификации «Релейная защита и автоматика систем электроснабжения для руководителей служб и специалистов», «Пусконаладочные работы устройств релейной защиты и автоматики систем электроснабжения».

ББК 32.965-044.237

ISBN 978-5-00047-512-6

© Малышева Н.Н., 2019

© НВГУ, 2019

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время, в связи с разработкой микропроцессорных релейных защит, автоматического управления и цифровых ЭВМ, появляется возможность автоматического управления режимами работы электроэнергетических блоков электростанций, узловых общесистемных подстанций и магистральных линий электропередачи высокого и сверхвысокого напряжений.

Процесс производства и передачи электроэнергии постоянно подвергается случайным возмущающим воздействиям, и без автоматического управления его функционирование невозможно. Необходимо поддерживать в каждый момент времени равенство генерируемой и потребляемой мощности, защищать от возникающих коротких замыканий (КЗ), что обуславливает развитие технических средств автоматического управления в энергосистеме.

На современном этапе автоматическое управление производится отдельными электроэнергетическими объектами и взаимодействующими с ними микропроцессорными терминалами. Технические средства автоматического управления процессом производства и передачи электроэнергии делятся на автоматические устройства – автоматику управления нормальными режимами работы электроэнергетической системы (ЭЭС) и автоматические устройства противоаварийного управления.

Аварийная ситуация начинается с возникновения КЗ и нарушения баланса мощностей с последующим его отключением. Особенно опасно уменьшение частоты, приводящее к снижению производительности установок собственных нужд тепловых электростанций и в результате – к опасности необратимого ее падения — «лавины частоты». Аналогично снижение напряжения, обусловленное недостатком генерируемой реактивной мощности, может развиваться в «лаvinу напряжений» [2].

Задачей учебного пособия является изучение схем подключения и проверки промышленных образцов микропроцессорных терминалов релейной защиты; формирование профессиональных навыков и компетенций у обучающихся в части использования промышленного оборудования; проверка микропроцессорной релейной защиты и автоматики с помощью РЕТОМ-61 и анализ осциллограмм.

Часть 1 содержит указания по применению блока SEPAM 40 для защиты действующих электроустановок; необходимые рекомендации по параметрированию уставок и настройке устройств микропроцессорных релейных защит и автоматике (МРЗиА) для отдельных видов электроустановок.

СХЕМА ПОДКЛЮЧЕНИЯ SERAM 40

Микропроцессорные устройства релейной защиты и автоматики, как и простые устройства РЗА, применяются для обеспечения и контроля нормальной работы действующих электроустановок. Обладают блочно-модульным исполнением. Работа модулей управляется процессором, располагаемым на центральной плате управления.

Работа блока релейной защиты Seram 40 (рис. 0.1) определяется комплексом параметров, поступающих на устройство с измерительных трансформаторов тока, напряжения. Токи и напряжения являются контролируемыми параметрами, в соответствии с которыми устройством определяются наличие в защищаемых точках отклонения или повреждений нормального режима работы энергосистемы. Схема подключения прибора составлена в соответствии с рекомендациями завода-изготовителя и требованиями, предъявляемыми к организации образовательного стенда по изучению принципов работы микропроцессорных устройств [5].

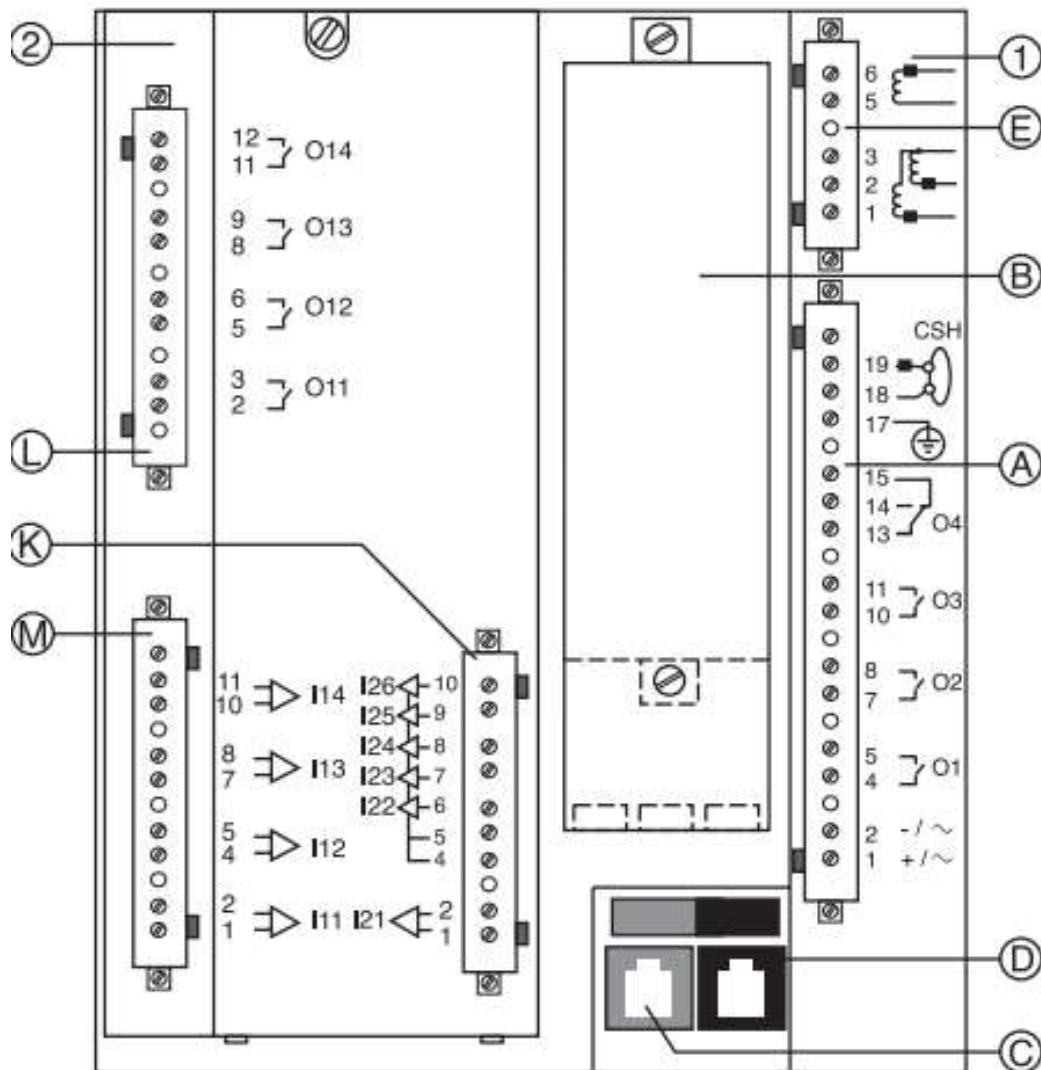


Рисунок 0.1 – Обратная сторона Seram 40

Схема подключения измерительных цепей изображена на рис. 0.2.

Кроме измерительных цепей к устройству Seram 40 могут подключаться дополнительные устройства, так как логику их работы необходимо контролировать при помощи рабо-

ты блока. К этим контактам могут подключаться блок-контакты силовых выключателей, дополнительно устанавливаемые реле и прочие устройства автоматизации. Данные схемы определяют логические структуры работы схемы и определяют ее функциональные возможности [5].

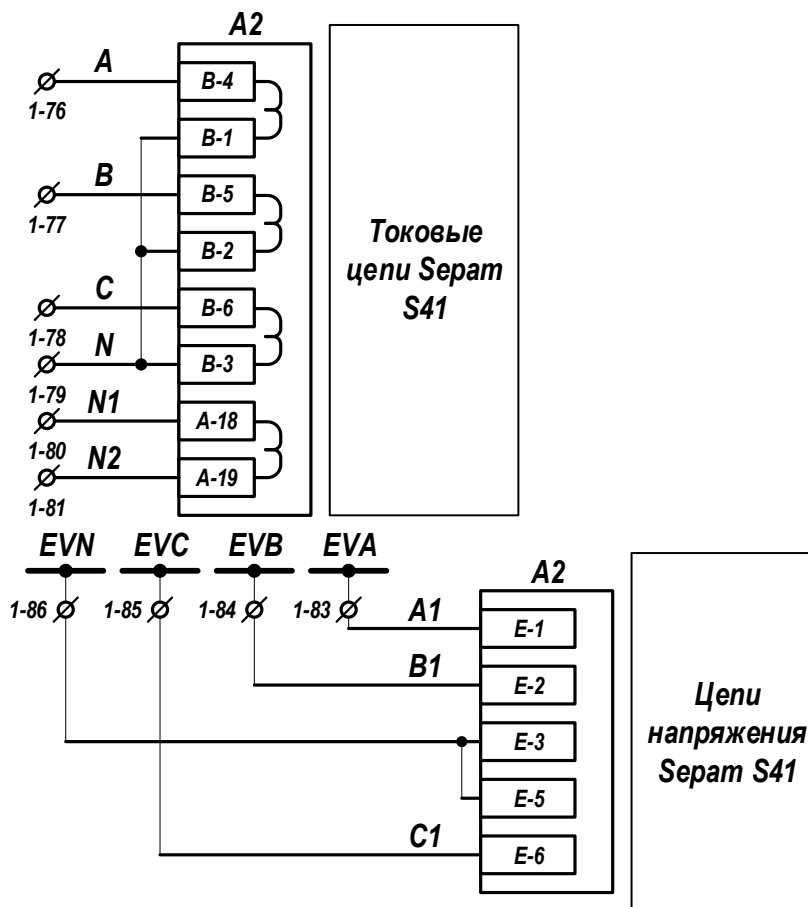


Рисунок 0.2 – Схема подключения измерительных цепей

Вторичные обмотки трансформаторов тока подключаются в соответствии со схемой (рис. 0.2). Токи поступают на измерительные устройства. В дальнейшем данные переводятся в цифровой формат в аналого-цифровом преобразователе, дополнительно определяются необходимые параметры (фазы, амплитуды и т.п.), вычисляются характеристики, устанавливаемые расчетным путем. Данные поступают на логическое устройство, которое анализирует и принимает решение о необходимости срабатывания тех или иных цифровых реле. Сигналы с логического устройства поступают в исполнительный орган, в котором располагаются выходные реле, включенные в цепи коммутационных устройств и приводящих их в действие.

Схема подключения вторичных цепей изображена на рисунках 0.3, 0.4.

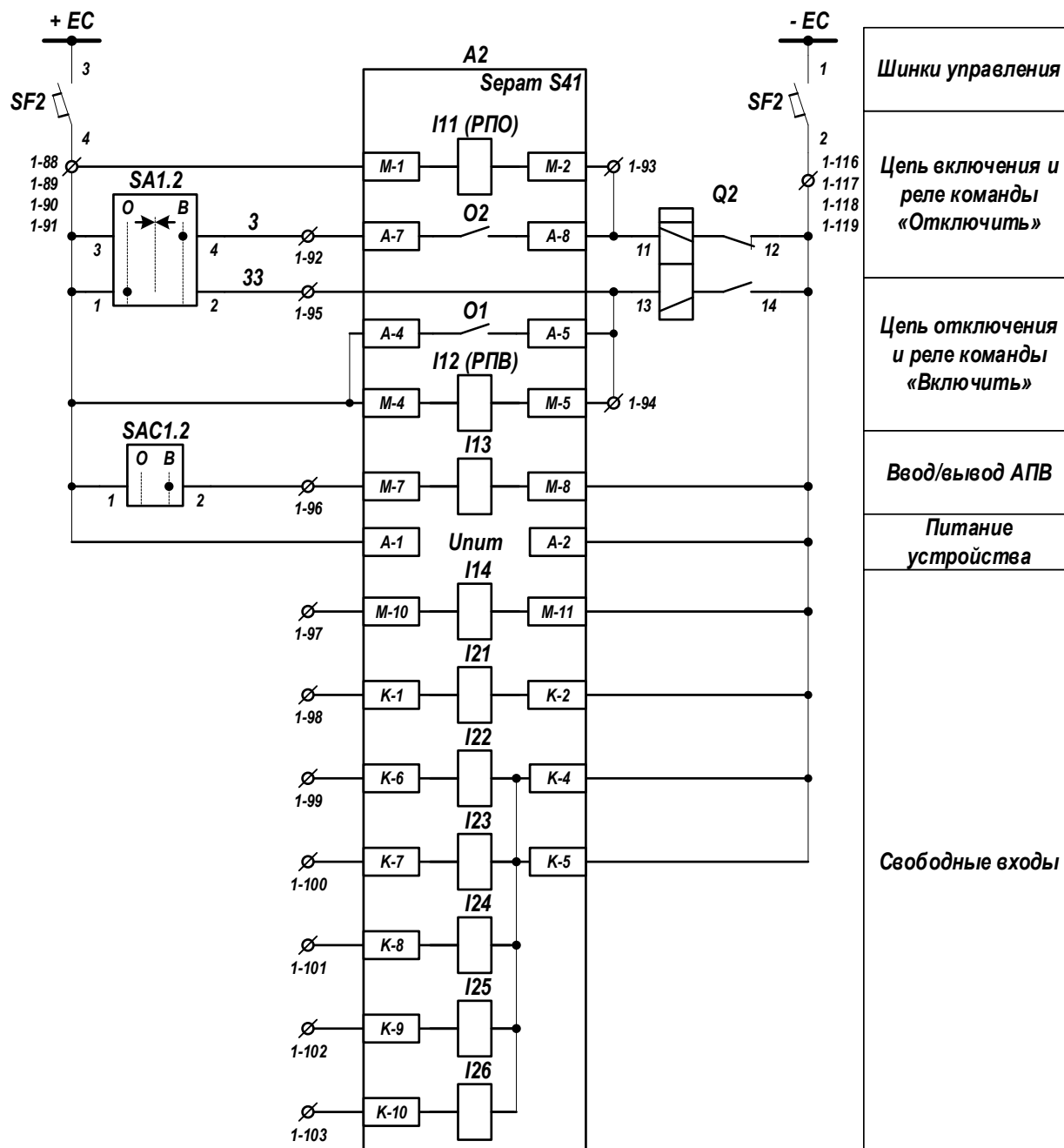


Рисунок 0.3 – Схема подключения вторичных цепей

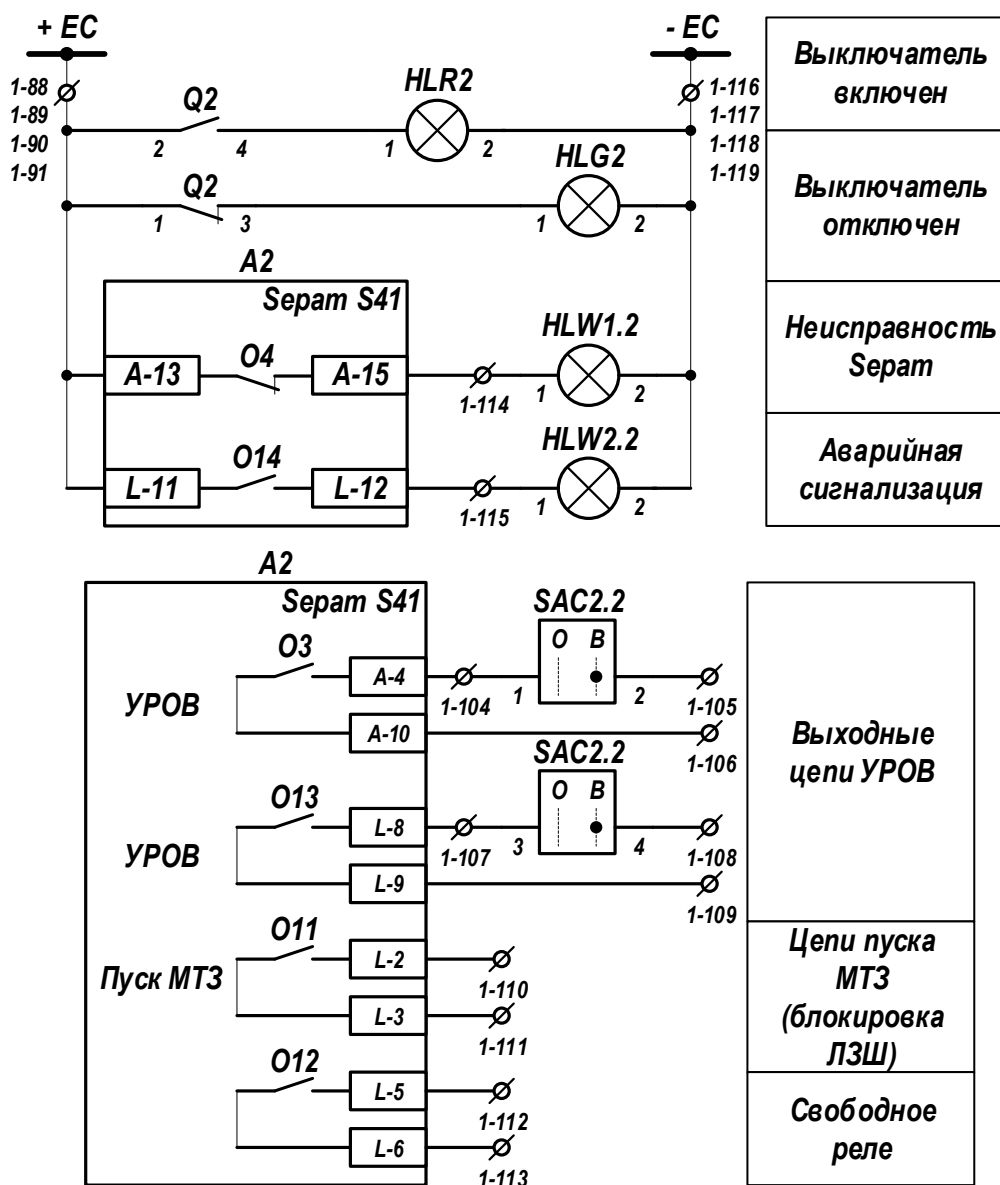


Рисунок 0.4 – Схема подключения цепей выходных реле

Схема подключения клеммной колодки экспериментального стенда изображена на рисунке 0.5.

Sepam S41			
A	76		A2 B-4
B	77		A2 B-5
C	78		A2 B-6
N	79		A2 B-3
N1	80		A2 A-18
N2	81		A2 A-19
	82		
EVA	83		A2 E-1
EVB	84		A2 E-2
EVC	85		A2 E-6
EVN	86		A2 E-3
	87		
+ EC	88		SF2-4
	89	Q2-1	A2 A-4
	90		A2 A-1
	91		SA1 2-1
	92	Q2-11	A2 M-2
	93	SA1 2-4	A2 A-7
	94	Q2-13	A2 M-5
	95		SA1 2-2
	96	SAC1 2-2	A2 M-7
	97		A2 M-10
	98		A2 K-1
	99		A2 K-6
	100		A2 K-7
	101		A2 K-8
	102		A2 K-9
	103		A2 K-10
	104	SAC2 2-1	A2 A-4
	105		SAC2 2-2
	106		A2 A-10
	107	SAC2 2-3	A2 L-8
	108		SAC2 2-4
	109		A2 L-9
	110		A2 L-2
	111		A2 L-3
	112		A2 L-5
	113		A2 L-6
	114	HLW1 2-1	A2 A-15
	115	HLW2 2-1	A2 L-12
- EC	116		SF2-2
	117		A2 A-2
	118	Q2-12	A2 M-8
	119		HLR2-2

Рисунок 0.5 – Схема подключения выводов Sepam на экспериментальном стенде

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

Знакомство с принципами работы стенда и программным обеспечением

Задание: подключиться к блоку SEPAM 40 по интерфейсу Modbus.

Используя приложение SFT2841, выполнить настройку блока Sepam 40:

- выполнить настройку параметров блока;
- ввести уставки защит;
- настроить световую сигнализацию;
- настроить параметры хранения и передачи информации.

При помощи дисплея блока удостовериться в результативности настройки блока.

Общие сведения

- Лабораторный стенд представляет собой металлическую стойку с установленными на ней блоками микропроцессорной защиты, клеммными колодками для подключения дополнительного оборудования, реле фиксации положения.


- РП–11 используется для моделирования цепей выключателя сигнальными устройствами, для контроля работы устройств.

- Питание осуществляется при помощи источника переменного тока промышленной частоты, который подключается к стенду через выпрямитель, выполненный по схеме диодного моста.

- На лицевой панели стенда установлен ключ управления SQ1 для ручного управления силовым выключателем и сигнальные лампы, дублирующие указание положения.

- Для настройки уставок Sepam используется персональный компьютер, подключаемый к блоку по протоколу Modbus с использованием COM-порта, с установленным на нем приложением SFT2841, предоставляемым SchneiderElectric, которое позволяет производить все необходимые настройки блока. В зависимости от защищаемого объекта при помощи приложения можно вводить и выводить необходимые виды защит, обеспечить сигнализацию и предупреждение персонала о действии устройства.

Экспериментальная часть

1. Проверить состояние защитного заземления стенда.
2. Подать питание на стенд при помощи автоматического выключателя SF1, убедиться в наличии питания по индикации положения выключателя.
3. Убедиться в наличии питания по индикации блока Sepam 40, дождаться полной загрузки устройства.
4. Привести персональный компьютер в рабочее состояние.
5. Подключить порт лицевой панели устройства Sepam при помощи кабеля COM-USB к USB-порту персонального компьютера.
6. Запустить приложение SFT2841 (рис. 1.1), в окне программы нажать кнопку .

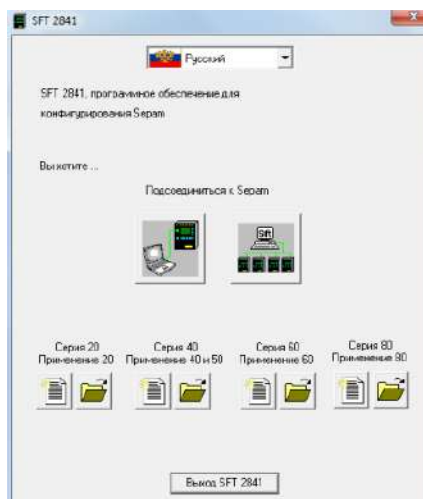


Рисунок 1.1 – Окно подключения SFT 2841

7. Окно программы представляет собой интерфейс, который состоит из иконок, каждая из которых открывает доступ к разной части настроек блока. Данная панель разделяется полосами на 5 частей (рис. 1.2):

- управление доступом отвечает за работу с парольной защитой;
- работа с документом позволяет создавать, открывать и сохранять, производить печать редактируемых документов;
- панель редактирования уставок обеспечивает настройку параметров блока редактирование параметров, устанавливаемых защит, работу с жесткой и гибкой логикой устройства, редактором уравнений, настройку сигнальной части устройства;
- панель диагностики отвечает за контроль измерительных параметров, диагностику внутренних механизмов, запись событий;
- панель управления переключается между вкладками панели.

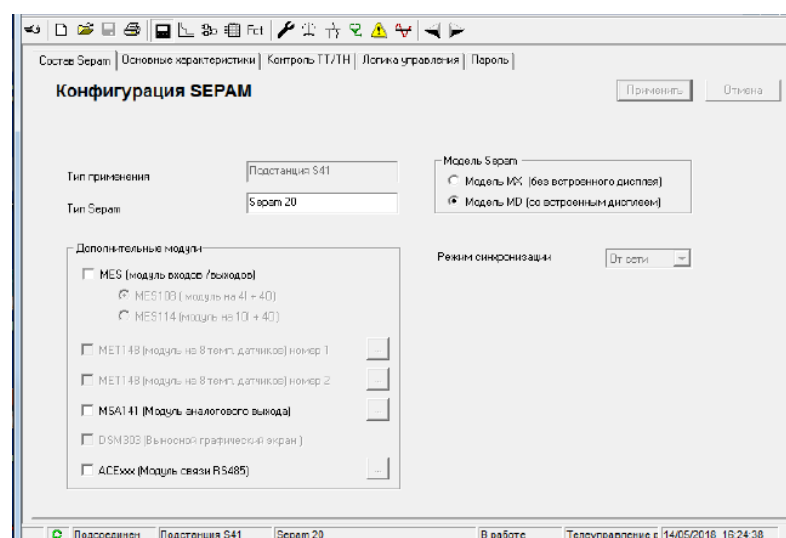



Рисунок 1.2 – Окно «Конфигурация Seram»

Главная часть окна представляет собой панель с вкладками и настройкой уставок в соответствии с выбранным разделом. Здесь устанавливаются все необходимые настройки и уставки работы блока.

Панель состояния, расположенная внизу окна, отвечает за строку состояния, в которой указывается состояние подключения, тип подключаемого блока, дата и время.

8. Открыть вкладку «Конфигурация Seram» (рис. 1.2) щелчком по иконке . На данной вкладке расположена информация по типу модели блока, устанавливаемых модулях. В данной работе не предусмотрена установка дополнительных блоков, поэтому требуется убрать при наличии все активные блоки. Обозначить название блока, например, «Seram 40».

9. Вкладка «Основные характеристики» (рис. 1.3) отвечает за установку измеряемых параметров, измерительных ТТ и ТН схем соединения. Установить в соответствии с собранной схемой произвольным образом.

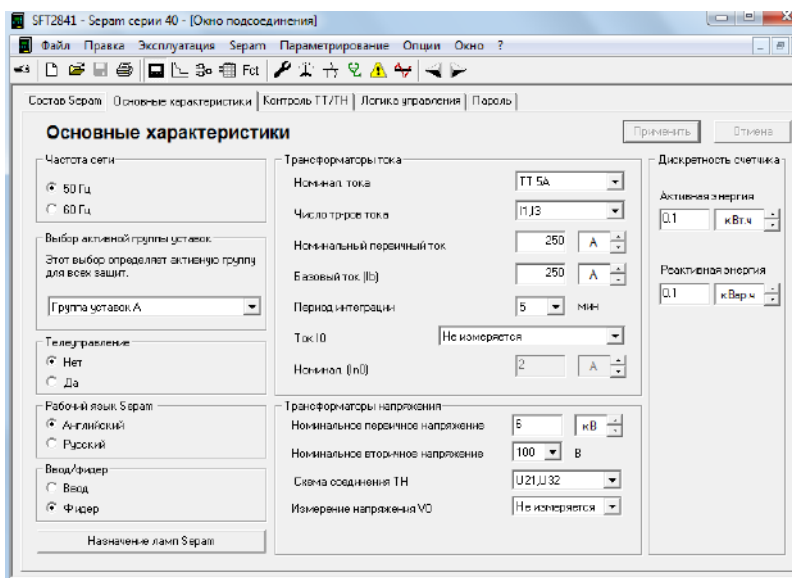


Рисунок 1.3 – Окно «Основные характеристики»

10. Вкладка «Контроль ТТ/ТН» (рис. 1.4) отвечает за механизмы работы блока при нарушении связи между измерительными ТТ/ТН и блоком микропроцессорной защиты. Позволяет устанавливать реакцию на повреждения на данном участке (полное отсутствие питания, изменения параметров, превышающих диапазон), а также временные уставки реакции.

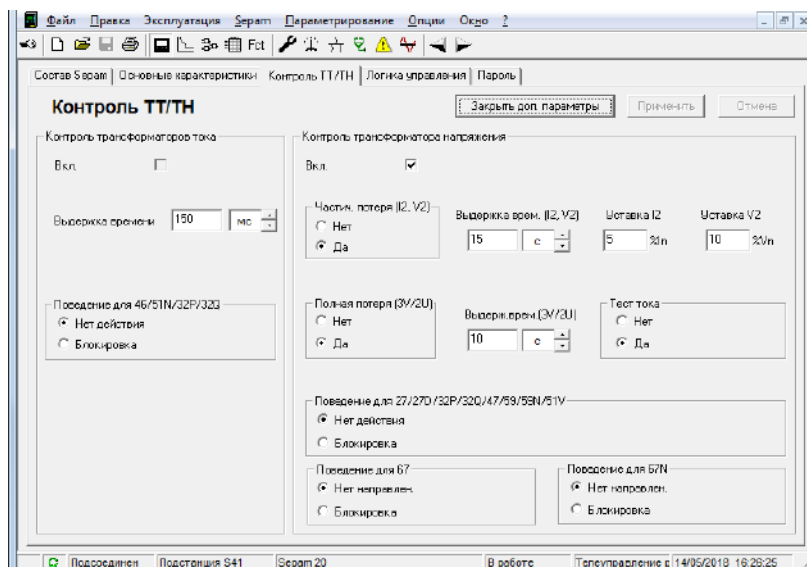


Рисунок 1.4 – Окно «Контроль ТТ/ТН»

11. Вкладка «Логика управления» (рис. 1.5) настраивает управление выключателем, присутствие или отсутствие логической селективности, нормальное положение выходных реле.

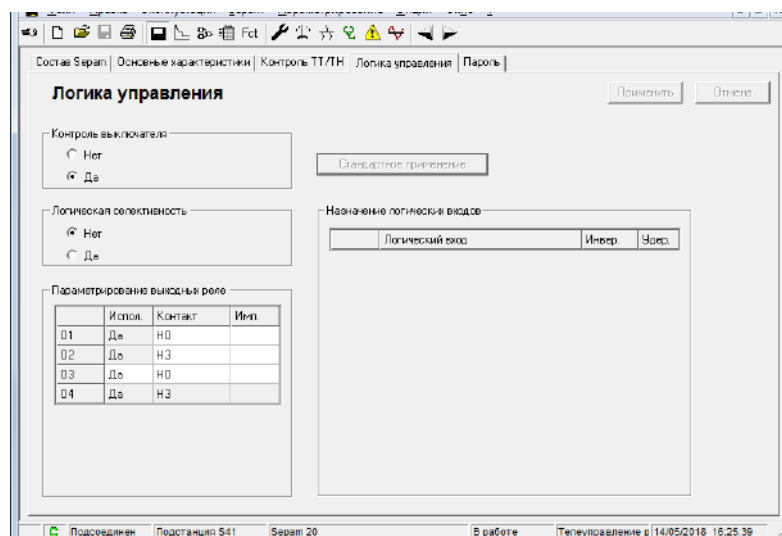


Рисунок 1.5 – Окно «Логика управления»

12. Вкладка «Пароль» (рис. 1.6) отвечает за безопасность и настройку парольной защиты блока.

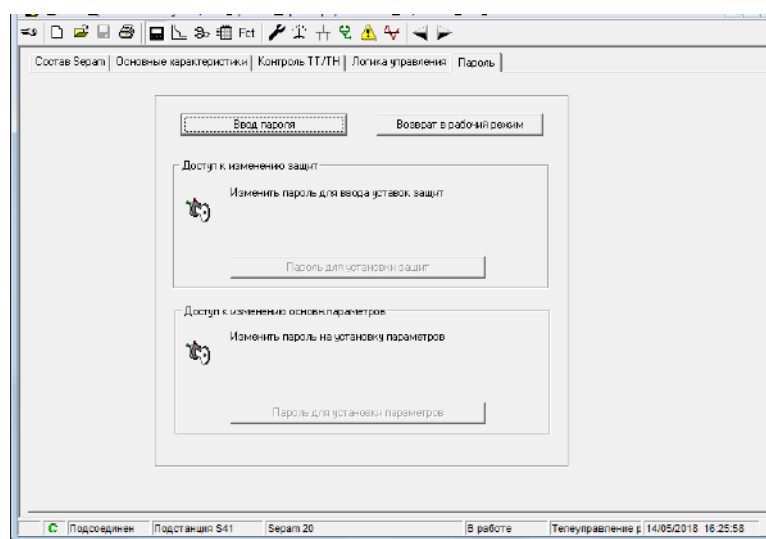



Рисунок 1.6 – Окно «Пароль»

13. На иконке  на панели инструментов расположены параметры уставок (рис. 1.7), каждая вкладка отвечает за один вид релейной защиты. Вкладки представлены цифровыми кодами, полная расшифровка расположена в главной части окна и технической документации блока Sepam 40. Вкладки, обозначенные затененным символом, требуют установки дополнительных модулей для работы.

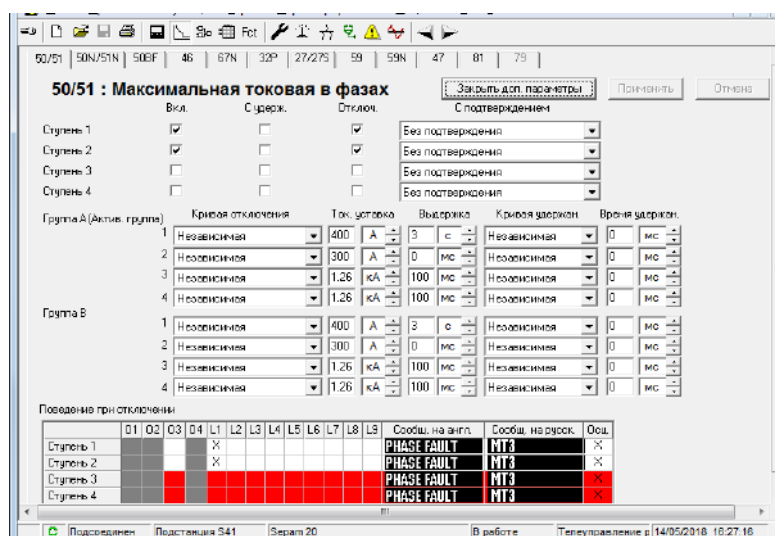



Рисунок 1.7 – Окно «Релейные защиты»

14. Иконка «Логические уравнения»  (рис. 1.8) отвечает за редактирование управляемой логики блока. Посредством составления уравнений можно устанавливать необходимые алгоритмы селективности для настройки детальных механизмов работы защиты.

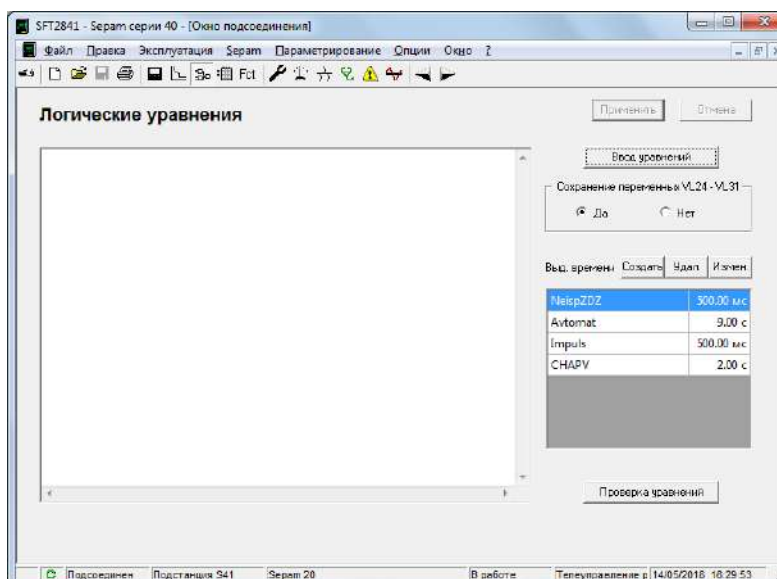



Рисунок 1.8 – Окно «Логические уравнения»

15. Группа следующих иконок  отвечает за внутреннюю диагностику параметров, контроль характеристик, индикацию и осциллографирование.

16. Панель диагностики Seram  (рис. 1.9) контролирует состояние устройства, показывает версию программного обеспечения, наличие связи с дополнительно подключаемыми модулями, работоспособность протоколов связи, проверяет состояние внутренних механизмов, сигнализируя о неисправности. В этом окне контролируется состояние входов и выходов и индикационных ламп (рис. 1.10), состояние сигналов телесигнализации (рис. 1.11).

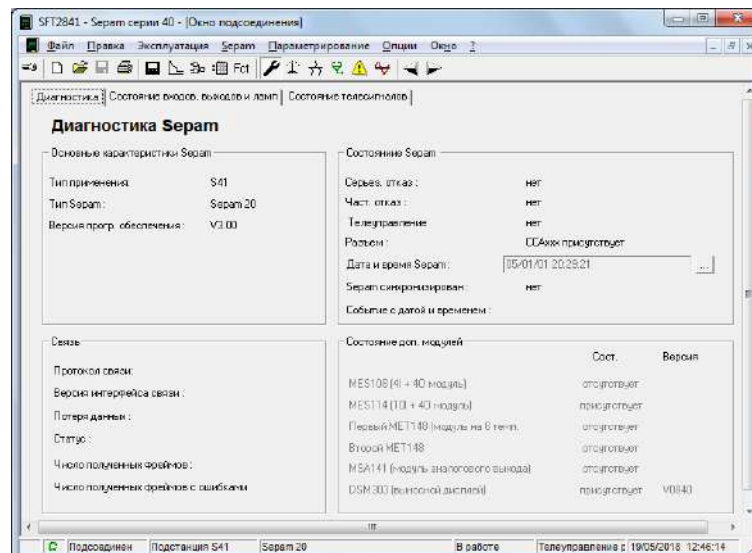


Рисунок 1.9 – «Диагностика Serap»

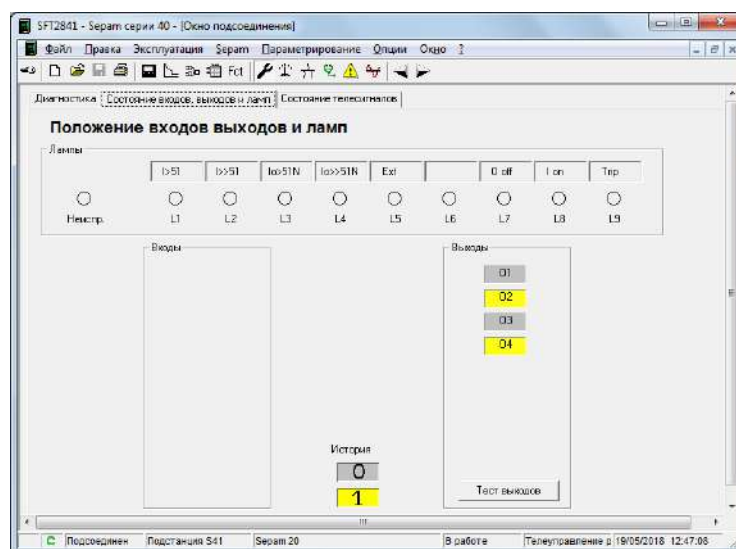


Рисунок 1.10 – Окно «Положение входов/выходов и ламп»

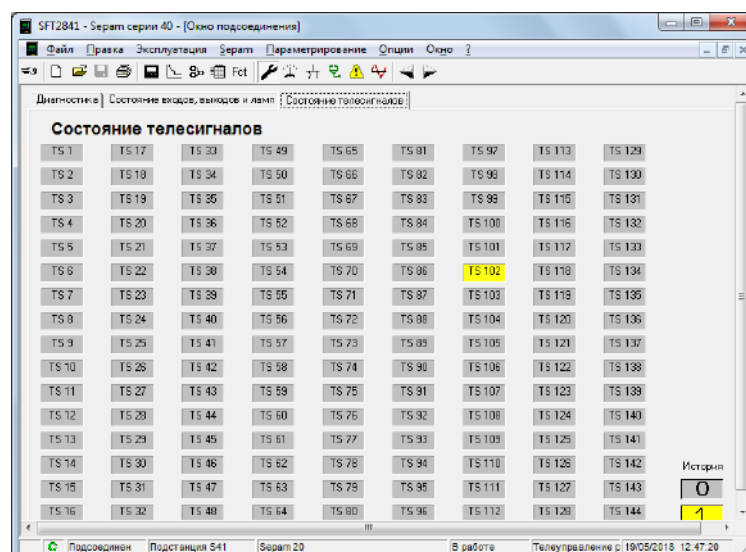



Рисунок 1.11 – Окно «Состояние телесигналов»

17. Панель измерений  (рис. 1.12) определяет текущие параметры входных характеристик токов напряжений частот, фазное и линейное значение.

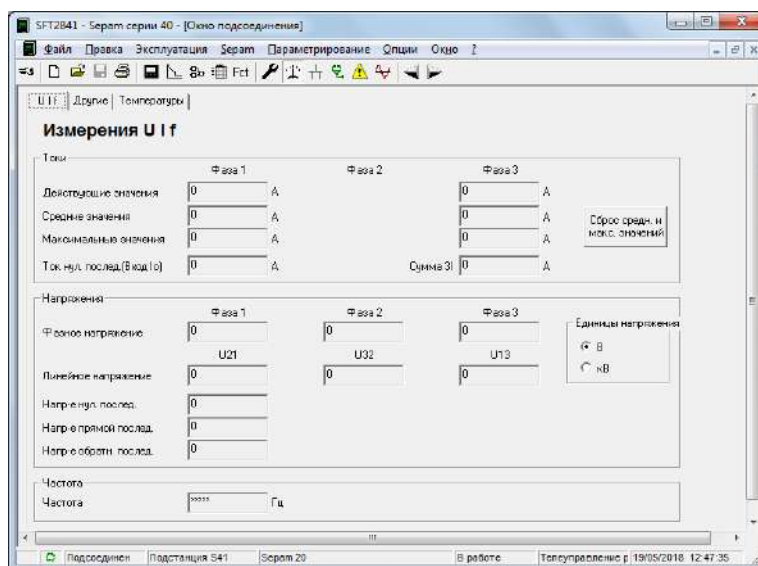


Рисунок 1.12 – Окно «Измерения UIf»

18. «Другие измерения» (рис. 1.13) отображают расчетные параметры активной и реактивной мощностей, параметры энергетических потоков.

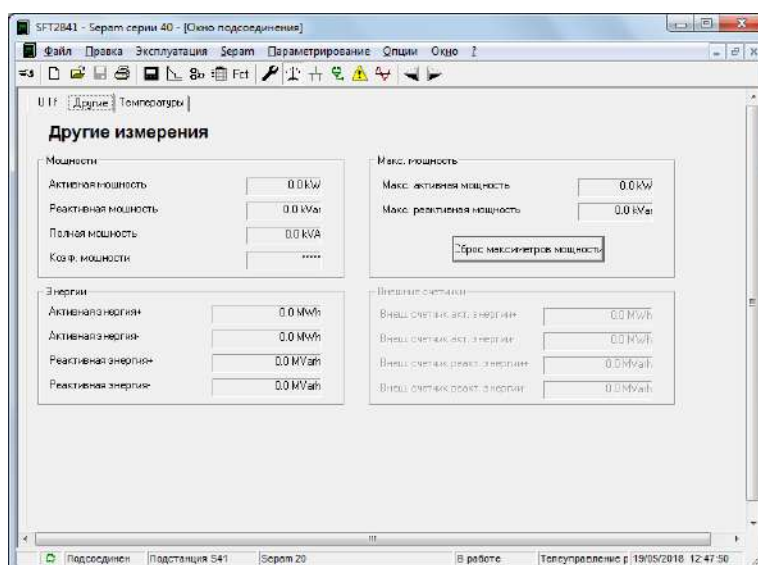



Рисунок 1.13 – Окно «Другие измерения»

19. Вкладка «Температуры» при наличии подключенных датчиков отображает температурный режим.

20. Иконка «Диагностика сети»  (рис. 1.14) контролирует отклонение входных параметров тока и напряжения, необходимых для нормальной работы устройств, параметры нулевой и обратной последовательности, состояние небаланса между фазами электрической сети.

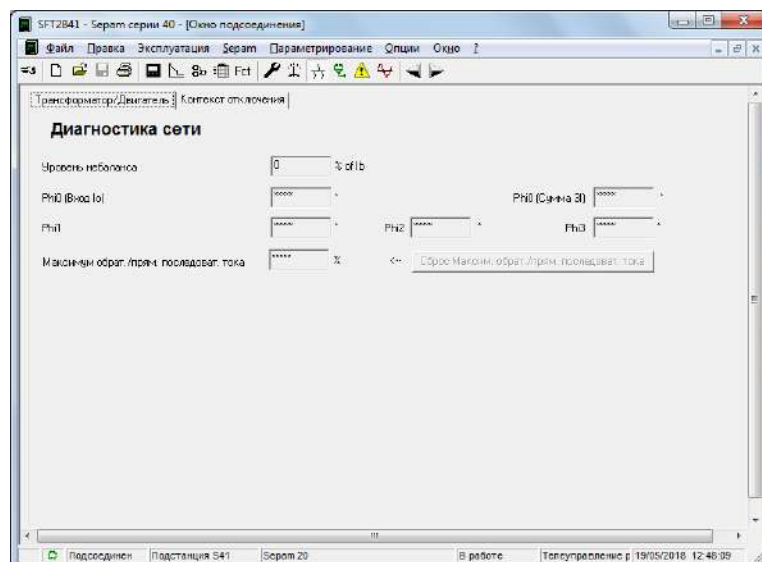


Рисунок 1.14 – Окно «Диагностика сети»

21. Вкладка «Контекст авар. отключения» (рис. 1.15) отображает параметры электрических характеристик в момент возникновения аварийного режима: напряжений и токов по фазам, электрической мощности, частоты, определяет место повреждения по сопротивлению линии.

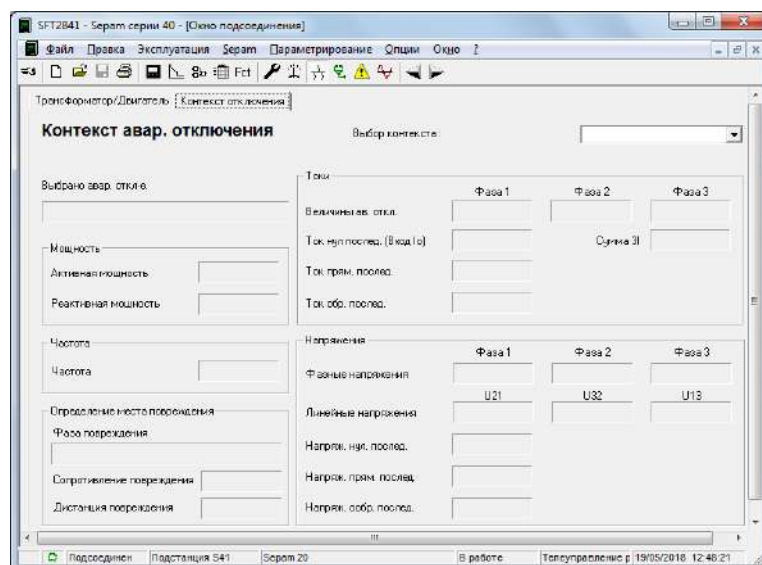


Рисунок 1.15 – Окно «Контекст авар. отключения»

22. Иконка «Диагностика выключателя» (рис. 1.16) определяет параметры срабатывания выключателя.

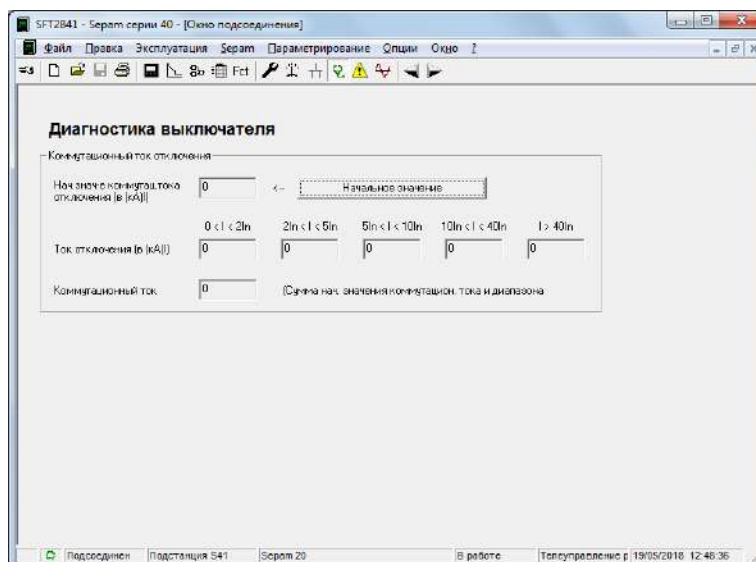



Рисунок 1.16 – Окно «Диагностика выключателя»

23. Вкладка «История сигнализации»  (рис. 1.17) отображает параметры срабатывания индикационных ламп и историю сообщений, выдаваемых блоком. Данные сообщения хранятся в памяти устройства и могут быть экспортированы по требованию пользователя.

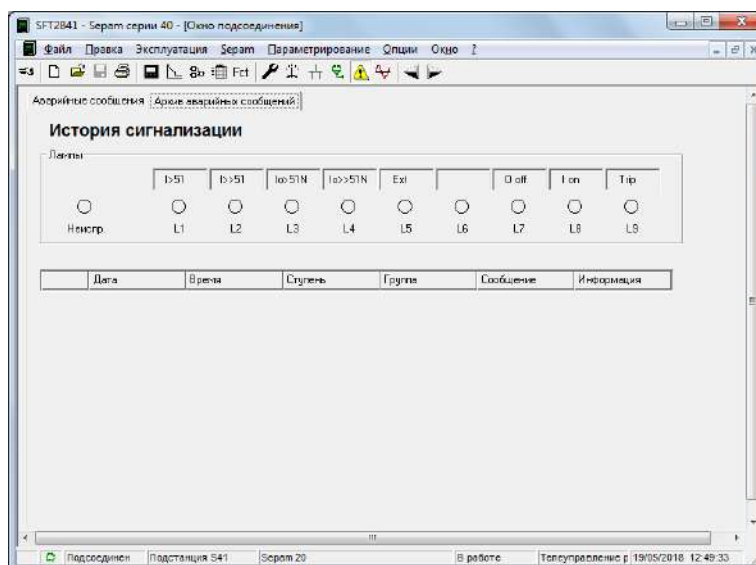



Рисунок 1.17 – Окно «История сигнализации»

24. Панель «Запись осциллограмм»  (рис. 1.18) позволяет механически запускать цифровой осциллограф, а также выгружать из памяти устройства записи о последних ненормальных и аварийных режимах работы.

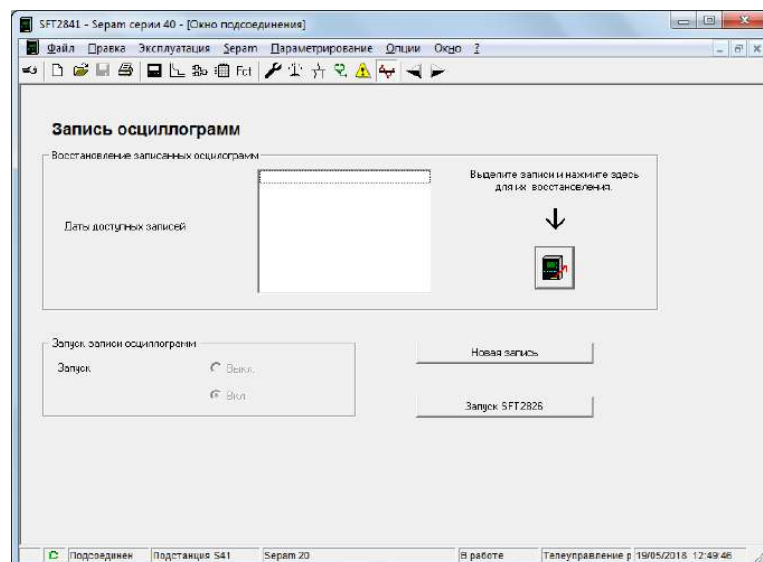


Рисунок 1.18 – Окно «Запись осциллограмм»

25. По окончании изменения каждого параметра на каждой панели инструментов или вкладке необходимо нажимать кнопку «Применить», после чего запускается механизм синхронизации, и параметры сохраняются в память устройства.

26. При помощи лицевой панели устройства Seram (рис. 1.19) нужно зайти в уставки и удостовериться в применении устанавливаемых уставок.

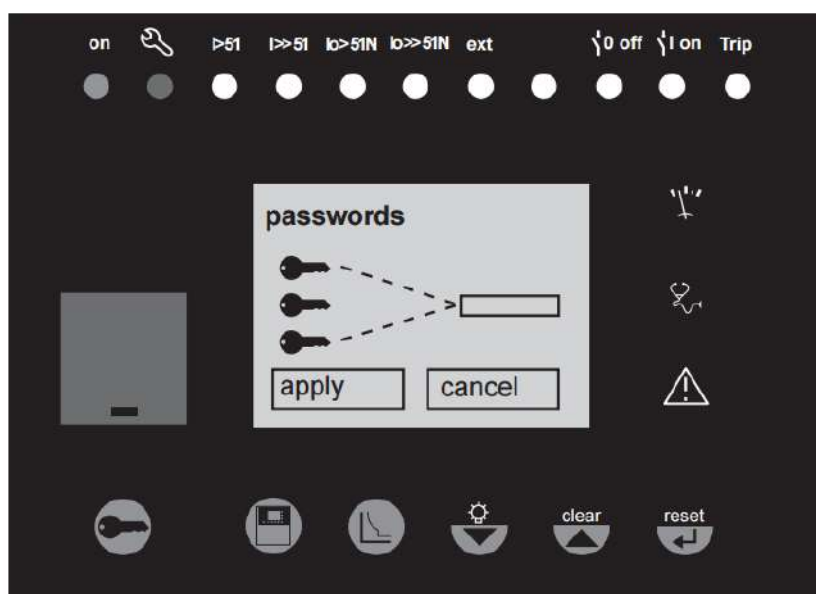


Рисунок 1.19 – Дисплейная панель Seram 40

Доступ к измерениям и параметрам обеспечивается с помощью клавиш:


- “mesure” (измерение);
- “diagnostic” (диагностика);
- “status” (состояние);
- “protection” (защита).



Доступ осуществляется через последовательность экранов. Эти данные распределены по категориям в четырех меню – петлях, связанных с четырьмя следующими клавишами:

клавиша  – измерения;

клавиша  – диагностика аппаратуры и дополнительные измерения;



клавиша  – основные параметры;


клавиша  – уставки защит.

Нажатие на клавишу позволяет перейти к следующему экрану цикла. Если на экране более 4 строк, то перемещение по экрану осуществляется с помощью клавиш управления курсором  .


Существуют три уровня доступа:


- Рабочий уровень: позволяет осуществить доступ к считыванию информации со всех экранов и не требует никакого пароля;



- Уровень регулировки: требует введения первого пароля (клавиша ) и позволяет выполнять регулировку защит (клавиша 

- Уровень параметрирования: требует введения второго пароля (клавиша ) и позволяет также изменять основные параметры. Пароли может менять только оператор, выполняющий параметрирование. Пароли состоят из четырех цифр. По умолчанию пароль завода-изготовителя – 0000.


Клавиша  “measure” (измерение) обеспечивает индикацию измерений, выполненных Seram.

Клавиша  “diagnostic” (диагностика) обеспечивает доступ к диагностической информации выключателя, к контекстам отключения и к дополнительным измерениям для облегчения анализа повреждений.


Клавиша  “alarm” (предупредительное сообщение) позволяет вывести на дисплей 16 последних, еще не стертых предупредительных сообщений в виде перечня или поочередно, сообщение за сообщением.


Клавиша  “reset” (сброс) переводит Seram в исходное положение (после исчезновения повреждения сигнальные лампы гаснут и происходит перезапуск защит). Предупредительные сообщения не стираются. Возврат Seram в исходное положение должен быть подтвержден. Клавиша  позволяет ввести выполненные регулировки, параметры, выбранные меню или пароли.


Когда на индикаторе Seram появляется предупредительное сообщение, клавиша “clear”


 (очистка) позволяет вернуться к состоянию экрана до появления предупредительного сообщения или к более раннему, еще не квитируемому, сообщению. Seram не сбрасывается в исходное положение. В меню измерения или диагностики, или предупредительных сообщений клавиша “clear” позволяет обнулить средние значения токов, счетчик часов работы и пакет предупредительных сообщений, если они вызваны на дисплей. Когда на индикаторе Seram нет никакого предупредительного сообщения, а оператор находится в меню


“status”, “protection” или “alarm”, клавиша  выполняет функцию перемещения курсора вверх.

Нажатием в течение 5 секунд на клавишу lampstest  (тестирование ламп) запускается последовательность тестирования ламп и экрана. Однако когда имеется предупредительное сообщение, клавиша “lampstest” не действует. Если на индикаторе Seram нет никакого

предупредительного сообщения, а оператор находится в меню “status”, “protection” или “alarm”, клавиша  выполняет функцию перемещения курсора вниз.

Клавиша  “status” (состояние) позволяет осуществлять индикацию и ввод основных параметров Sepam, которые определяются характеристиками защищаемого оборудования, а также наличием различных дополнительных модулей.

Клавиша  “protection” (защита) обеспечивает индикацию, регулировку, ввод или отключение защит.

Клавиша  “wrench” («ключ») позволяет осуществить ввод паролей для доступа к режимам:

- регулировки;
- параметрирования и возврата к «рабочему» режиму (без пароля) [5].

27. Сохранить в приложении карту уставок. Завершить работу с приложением. Отключить кабель связи. Отключить питание стенда. Оформить отчет по проведенной работе.

Контрольные вопросы

1. Назначение программы SFT 2841.
2. За что отвечает вкладка программы SFT 2841 «Основные характеристики»?
3. За что отвечает вкладка программы SFT 2841 «Контроль ТТ/ТН»?
4. За что отвечает вкладка программы SFT 2841 «Логика управления»?
5. Расшифруйте ANSI-коды защит блока Sepam40.
6. Назовите клавиши лицевой панели устройства Sepam 40.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

«Максимальная токовая защита»

Задание: выполнить настройку блока Seram 40 с установкой максимальной токовой защиты. Удостовериться при помощи дисплея в результативности ввода уставок. При помощи РЕТОМ–61 выполнить проверку работы защит, заполнив соответствующие протоколы результатов работы.

Общие сведения

Основным признаком аварийного режима работы линии, вызванного коротким замыканием, является увеличение тока в линии. На этой особенности основывается принцип работы токовых защит.

Защиты срабатывают во время превышения током значения, установленного в защитных устройствах (уставки).

Выделяют следующие виды токовых защит: максимальные токовые защиты (МТЗ), токовые отсечки (ТО).

Токвая защита подразделяется на следующие виды:

- с зависимой выдержкой времени,
- с независимой выдержкой времени
- с ограниченно зависимой выдержкой времени.

Разница между этими двумя видами состоит в принципе обеспечения селективности срабатывания. Селективность токовых отсечек выстраивается установкой тока срабатывания защит. В максимальных токовых защитах селективность срабатывания обеспечивается при помощи выдержки времени.

Короткое замыкание в любой точке влияет на ток во всех участках сети: от источника питания до точки повреждения (рис. 2.1). В результате его возникновения срабатывают соответствующие защиты на этом участке [3].

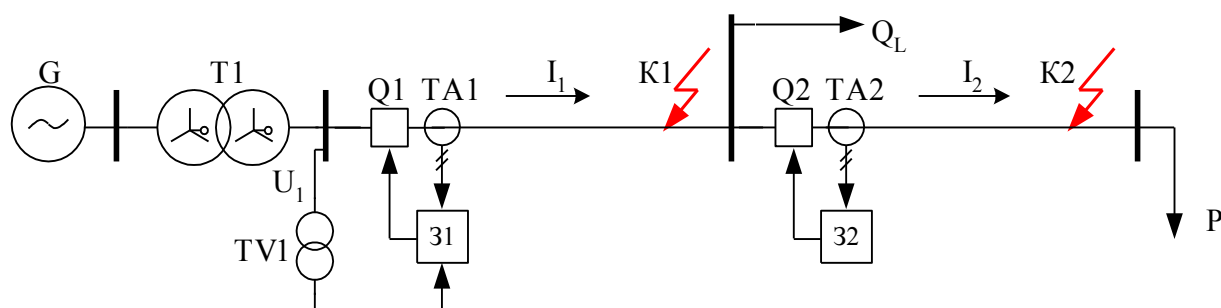


Рисунок 2.1 – Принципиальная схема расположения максимальных токовых защит

Все релейные защиты в нормальном режиме работы должны соответствовать условиям чувствительности, т. е. должны надежно срабатывать при достижении значения уставок, вызванных увеличением тока выше номинального значения в линиях электропередач. Контроль данного параметра устанавливается правилами устройства электроустановок (ПУЭ) и обеспечивается параметром, называемым коэффициентом чувствительности.

При одностороннем питании линии максимальная защита устанавливается в начале каждой линии ближе к источнику питания. Отдельная защита устанавливается на каждую линию и позволяет отключить ее в случае повреждения на самой линии, а также на шинах питающей подстанции.

Селективность срабатывания защит обеспечивает отключения только поврежденных линий, позволяя системе продолжать нормальную работу. Селективность максимальных

защит обеспечивается при помощи выдержек времени, увеличивающихся в направлении от потребителя к источнику питания.

При недостаточной чувствительности МТЗ во время короткого замыкания, а также обеспечения лучшей отстройки от токов нагрузки, применяется блокировка, по напряжению организуемая при помощи органа минимального напряжения.

При наличии блокировки по напряжению защита будет срабатывать в случае снижения напряжения ниже значения уставки.

При превышении нагрузки сверх номинального значения напряжение снижается, но недостаточно для пуска защит, поэтому данная защита не срабатывает при перегрузках.

Многолетний опыт эксплуатации силовых трансформаторов в распределительных сетях 6–10 кВ указывает на относительно большую вероятность отказа (повреждения) трансформаторов по сравнению с другими элементами сети (шинами, ячейками распределительных устройств).

Наиболее опасными для самого трансформатора и для элементов прилегающей электрической сети являются междуфазные КЗ – трёхфазные и двухфазные. Они сопровождаются большими токами, как правило, во много раз превосходящими номинальный ток трансформатора, и могут вызывать глубокие провалы напряжения в сети. При возникновении таких повреждений трансформатор должен быть немедленно отключён от всех источников питания, чтобы предотвратить дальнейшее развитие повреждения и, в особенности, возникновение пожара.

При близких КЗ на элементах питаемой сети низшего или среднего напряжения через понижающий трансформатор проходят токи, намного превышающие его номинальный ток. Эти токи, называемые сверхтоками КЗ, оказывают вредное термическое и динамическое воздействие на обмотки трансформатора. Для ограничения длительности термического воздействия тока КЗ необходимо отключить трансформатор, причём тем быстрее, чем больше значение сверхтока внешнего КЗ.

В процессе работы силового трансформатора возникают режимы работы, когда токи превышают значения рабочих и даже токов перегрузки трансформатора в связи с замыканиями, возникающими в работе электрических схем на шинах трансформаторов или на питающейся от трансформатора нагрузке. Длительная работа трансформатора в таких режимах не рекомендуется и даже недопустима. Для этих случаев применяется максимальная токовая защита трансформатора [1].

Для защиты понижающих трансформаторов малой мощности от повреждений и ненормальных режимов в соответствии с ПУЭ и на основании расчёта применяются следующие основные типы релейной защиты.

1. Токовая отсечка без выдержки времени – от коротких замыканий на наружных выводах высшего напряжения (ВН) трансформатора со стороны питания и в части обмотки ВН, для трансформаторов, не оборудованных продольной дифференциальной защитой; с действием на отключение.

2. Максимальная токовая защита (с пуском или без пуска по напряжению) – от сверхтоков, обусловленных внешними междуфазными короткими замыканиями на сторонах НН или СН трансформатора, для всех трансформаторов, независимо от мощности и наличия других типов релейной защиты; с действием на отключение.

3. Максимальная токовая защита в одной фазе – от сверхтоков, обусловленных перегрузкой, для трансформаторов начиная с 400 кВА, у которых возможна перегрузка после отключения параллельно работающего трансформатора или после срабатывания местного или сетевого автоматического ввода резерва (АВР); с действием на сигнал или на автоматическую разгрузку.

На трансформаторах мощностью менее 1 МВА МТЗ является основной защитой от токов, обусловленных КЗ в трансформаторе, т. к. на этих трансформаторах обычно не уста-

новлены дифференциальная и газовая защиты. МТЗ кроме того является основной защитой шин НН, а также резервной защитой для элементов сети НН.

На трансформаторах мощностью 1 МВА и более МТЗ предназначена для действия в качестве основной защиты при КЗ на шинах НН и СН, и в качестве резервной – при КЗ на отходящих элементах сетей НН и СН.

На понижающих трансформаторах МТЗ (рис. 2.2) всегда устанавливают со стороны основного питания, а на многообмоточных трансформаторах, кроме того, – на сторонах НН и СН.

Максимальная токовая защита в первую очередь воздействует на выключатель, установленный на стороне высшего напряжения, т. к. ток на этой стороне ниже [6].

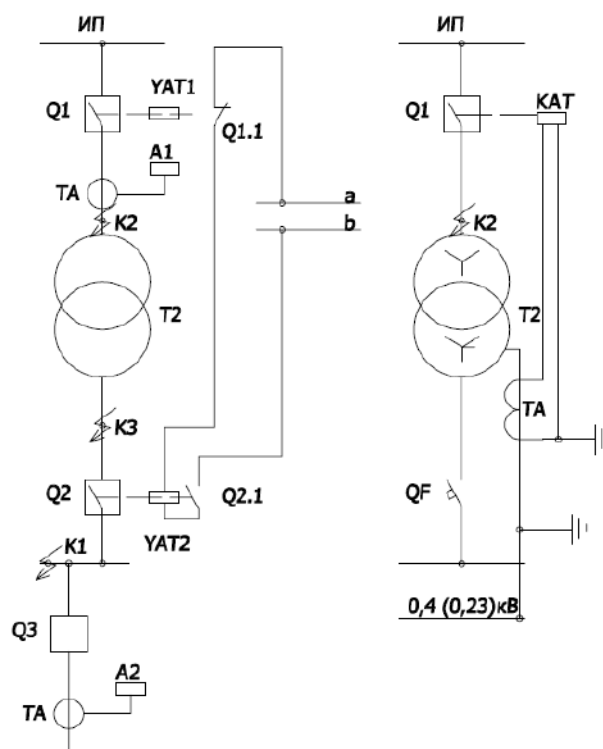


Рисунок 2.2 – Принципиальные схемы токовых защит трансформатора

Избирательность максимальной токовой защиты достигается уставками времени, устанавливаемыми с учетом уставок других защит, которые установлены на предшествующих элементах сети, ток отстраивается от тока нагрузки в максимально допустимом режиме работы. Чувствительность защиты проверяется при помощи коэффициента, который должен находиться в пределах установленных ПУЭ, т. е. $K_{ch} > 1,5$ в случаях повреждений на стороне низкого напряжения и $K_{ch} > 1,2$ на конце отходящих линий с нагрузкой.

Отрицательными моментами в работе защиты может быть малая чувствительность и тем самым отсутствие реакции на замыкание в витках обмотки трансформатора, и задержка при срабатывании во время протекания межфазных замыканий.

Увеличения чувствительности защит можно достичь при помощи установки дополнительных органов минимального напряжения, способных блокировать работу устройства до тех пор, пока напряжение не снизится до значения уставки, тем самым помогая отстроиться от токов перегрузки или удаленных коротких замыканий.

В этом случае при выборе уставки можно не принимать во внимание значение тока самозапуска двигателя, а принимать номинальное значение тока, т. к. орган минимального напряжения не позволит отключить трансформатор при небольших просадках напряжения и увеличении тока в момент самозапуска.

Микропроцессорные устройства работают в соответствии с алгоритмами, заданными в процессоре устройства в случае базовых задач, или на основе алгоритма, построенного пользователем для задач нетипового использования. В случае с максимальной токовой защитой она является основной защитой для любых энергообъектов, и логика ее работы всегда заложена в работе блоков релейной защиты и автоматики. Для устройства Seram 40 логическая схема работы устройства представляет собой следующую блок-схему (рис. 2.3) [5].

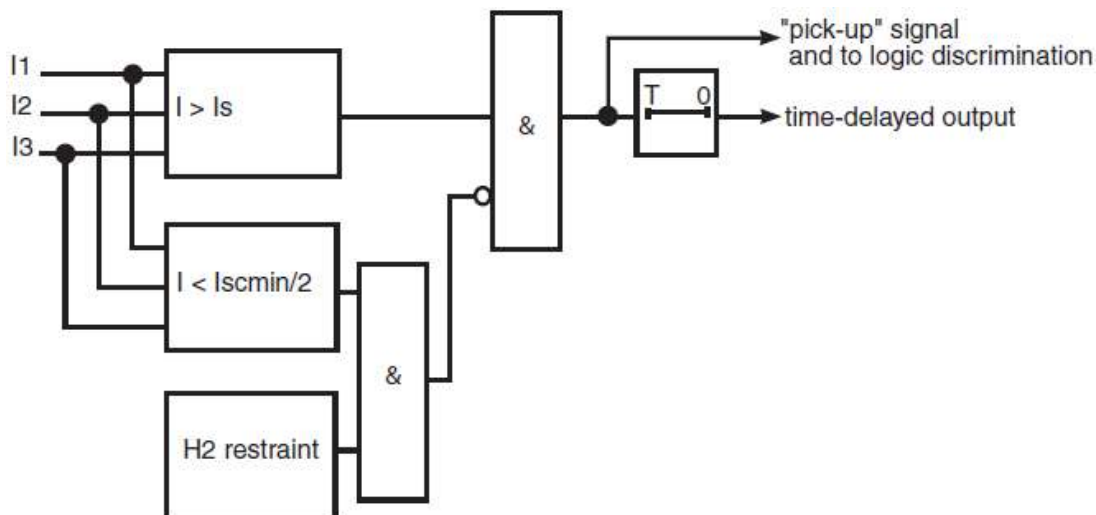


Рисунок 2.3 – Логическая схема работы МТЗ в Seram 40

В соответствии с данной схемой можно определить перечень сигналов, необходимых для срабатывания защиты на выходных реле блока.

– блок показывает необходимость превышения током I значения уставки I_s для получения логической единицы на выходе;

– блок показывает, что значение минимального среднеквадратичного тока должно быть меньше измеряемого тока;

– блок позволяет вводить ограничение действия защит от 2-й гармоники тока;

– блок устанавливает уставку по времени срабатывания;


– инверсия сигнала на выходе;

$\&$ – блоки означают логическую функцию «И», устанавливая логическую единицу при выполнении всех условий на входе.

Подключение и проверка работы уставок защит осуществляется через клеммную колодку XT1, к которой подключаются выходные контакты проверочного блока релейной защиты РЕТОМ–61 в соответствии со схемой соединения токовых и дискретных входов и выходов.

Экспериментальная часть

1. Проверить состояние защитного заземления стенда.
2. Подать питание на стенд при помощи автоматического выключателя SF1, убедиться в наличии питания по индикации положения выключателя.
3. Убедиться в наличии питания по индикации блока Seram 40, дождаться полной загрузки устройства.
4. Привести персональный компьютер в рабочее состояние.

5. Подключить порт лицевой панели устройства Seram при помощи кабеля COM-USB к USB-порту персонального компьютера.
6. Запустить приложение SFT2841, в окне программы нажать кнопку  (рис. 2.4).

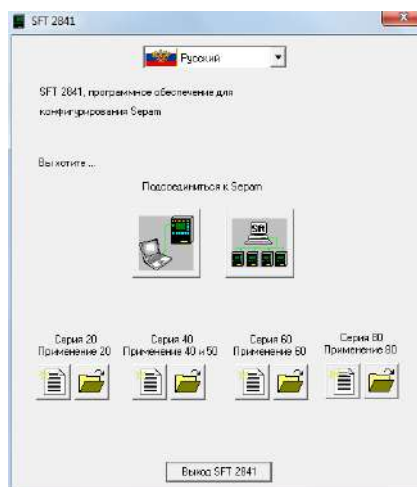


Рисунок 2.4 – Окно подключения SFT 2841

7. Открыть вкладку «Конфигурация Seram» (рис. 2.5). В данной работе используется расширительный модуль MES114, установить «галочку» напротив. Обозначить название блока, например, «Seram 40». Модель блока выбрать «MD» (со встроенным дисплеем). В текстовом поле «Тип Seram» указать тип – MT3.

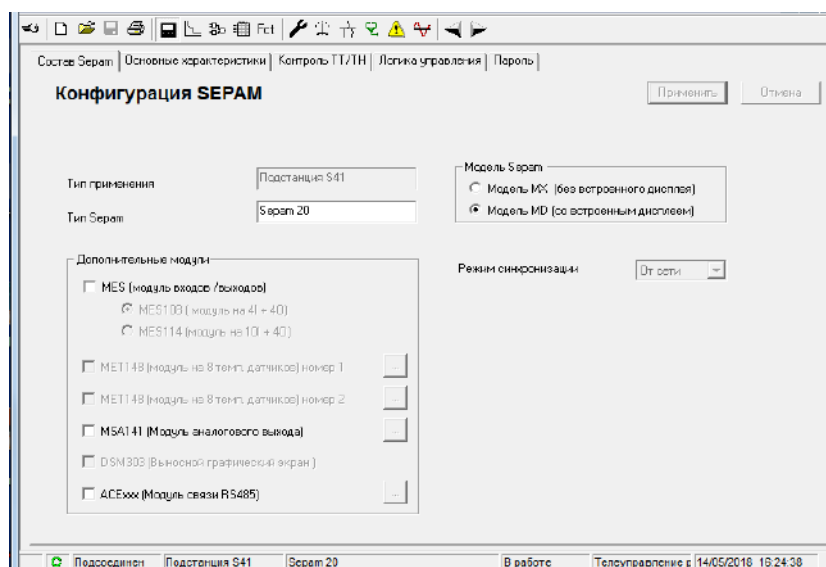


Рисунок 2.5 – Конфигурация Seram

8. Выбрать вкладку «Основные характеристики» (рис. 2.6). Установить в поле «Частота сети» частоту – 50 Гц. В поле «Выбор активной группы» выбрать – «Группа уставок А». «Телеуправление» установить – нет. В поле «Рабочий язык Seram» выбрать – «Русский». В поле «Ввод/фидер» выбрать – «фидер».

В поле «Трансформаторы тока» установить следующие показатели:

- номинал тока – ТТ 5А;
- число трансформаторов тока – I1, I2, I3;
- номинальный первичный ток – 5 А;
- базовый ток – 5А.

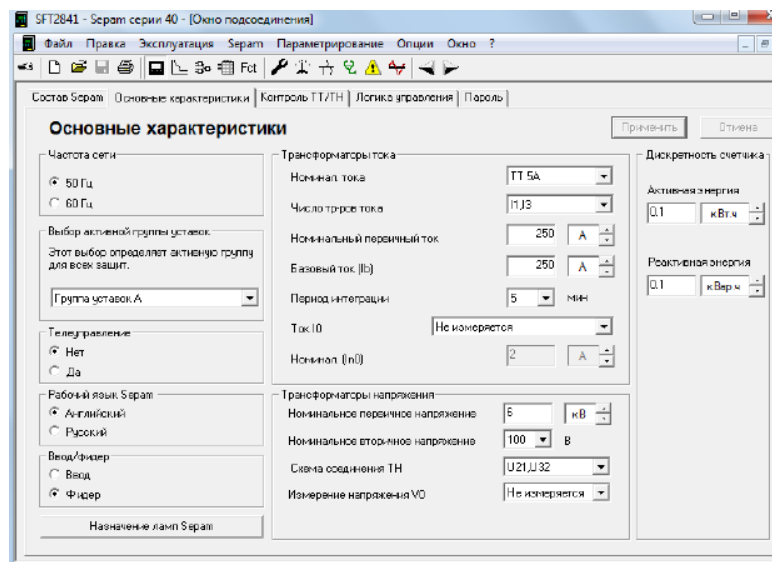


Рисунок 2.6 – Окно «Основные характеристики»

9. На вкладке «Логика управления» (рис. 2.7) в поле параметрирования выходных реле установить «O12» Испол. – да.

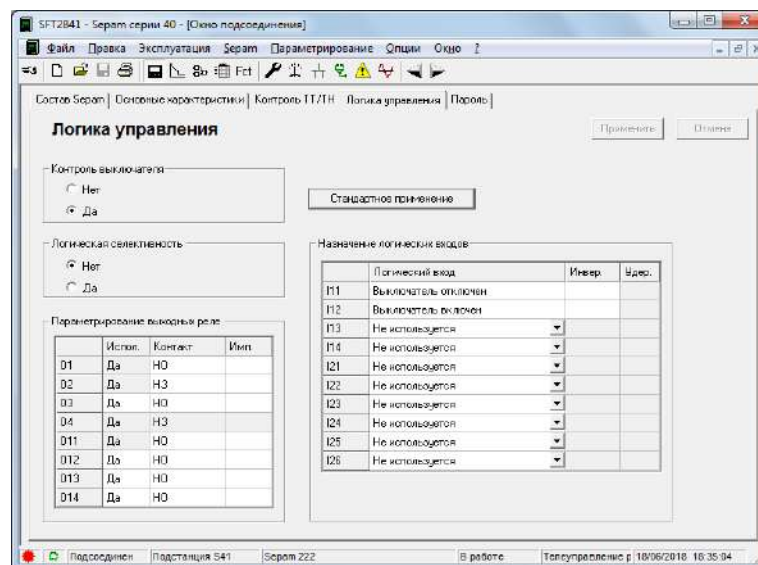


Рисунок 2.7 – Окно «Логика управления»

10. На иконке панели инструментов расположены параметры уставок, на вкладке 50/51 расположены уставки Максимальной токовой защиты в фазах.

В данной вкладке производится конфигурация настроек прибора при возникновении на защищаемом объекте токов, превышающих допустимые значения: параметры токовых и временных уставок, конфигурация срабатывания выходных реле и сигналов, логические элементы срабатывания (блокировки по другим органам защиты), тип срабатывания (импульсный или с удержанием) и воздействие на автоматический выключатель.

В объеме данной лабораторной работы необходимо проверить срабатывание защит по трем ступеням.

Установить параметры (рис. 2.8):

- Активировать ступени, устанавливая «галочку» на пересечении строки «Ступень 1», «Ступень 2», «Ступень 3» и столбца «Вкл.».

- Активировать работу на отключение выключателя, устанавливая аналогичным образом символ в столбце «Отключ.».
- В поле «Группа А» для первой ступени выбрать характеристики срабатывания: кривая отключения «Независимая», ток уставки – «4 А», выдержка – «0 с». Параметры удержания не устанавливать.
- Для второй ступени: кривая отключения «Независимая», ток уставки – «3 А», выдержка – «1 с». Параметры удержания не устанавливать.
- Для третьей ступени: кривая отключения «Обратно зависимая», ток уставки – «2 А», выдержка – «10 с». Параметры удержания не устанавливать.
- В поле «Поведение при отключении» установить «галочку» на пересечении строки «Ступень 1», «Ступень 2», «Ступень 3» и столбца «L1».

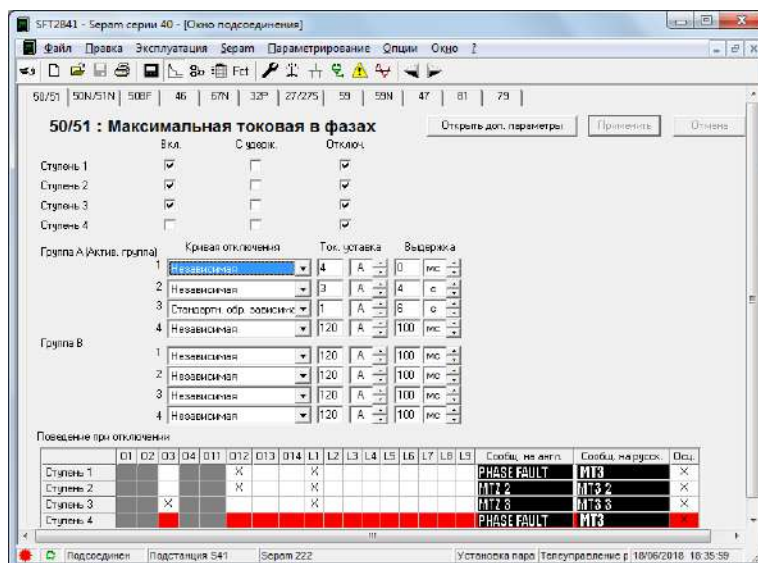


Рисунок 2.8 – Окно «50/51 Максимальной токовой защиты в фазах»

ПО ОКОНЧАНИИ ВВОДА УСТАВОК НАЖАТЬ КНОПКУ «ПРИМЕНИТЬ»!!! Только после нажатия кнопки происходит обмен данными с терминалом защит и информация об уставках вносится в память устройства.

11. Произвести проверку действия терминала на параметрируемые уставки защит. Для этого подключить устройство РЕТОМ–61 в соответствии со схемой подключения (рис. 2.9):

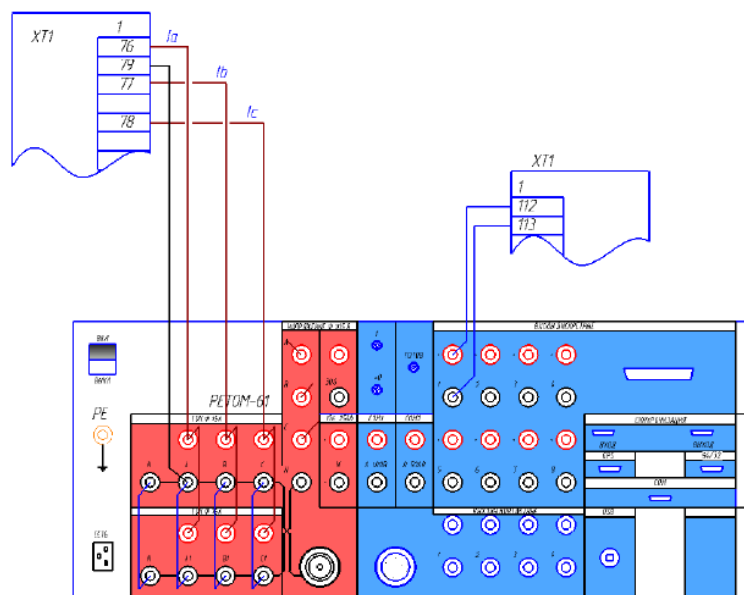


Рисунок 2.9 – Схема подключения токовых и дискретных цепей РЕТОМ–61 к блоку Seram
40

12. Запустить приложение «РЕТОМ.exe» от имени администратора (рис. 2.10).

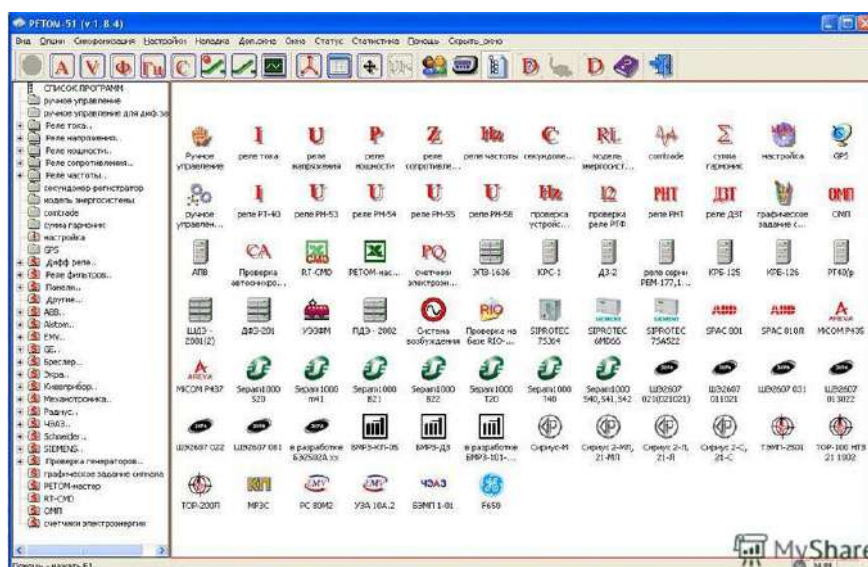


Рисунок 2.10 – Окно «РЕТОМ–61»

13. Подать питание на РЕТОМ–61 кнопкой включения на лицевой панели устройства и ожидать загорания сигнального светодиода «Готовность», который сигнализирует о готовности прибора к началу работы.

14. Провести проверку в ручном режиме, для этого необходимо выбрать ярлык «Ручное управление».

В открывшемся окне программы (рис. 2.11) можно в ручном режиме подавать токи на проверяемое устройство.

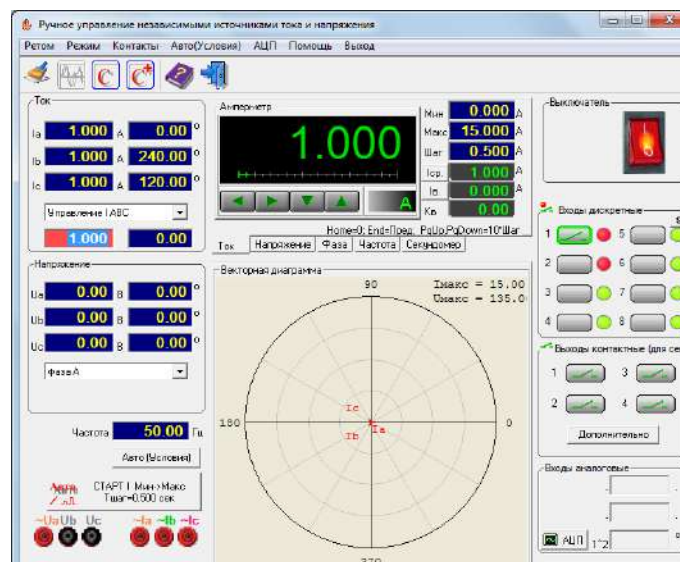


Рисунок 2.11 – Окно «Ручное управление»

Контроль срабатывания устройства производится в поле «Входы дискретные» по изменению цифровых светодиодов с зеленых на красные, необходимо обратить внимание на тип контакта (НО или НЗ), он должен соответствовать контакту в терминале.

- В поле «Ток» в выпадающем меню выбрать «Управление IABC».
- В поле «Амперметр» установить «Шаг» – 0,5 А.
- Включить программу, активируя красную кнопку в правой верхней части. О подключении к прибору программы будет свидетельствовать характерный звук срабатывания реле в работе прибора.

- Постепенными нажатиями на стрелку влево или вправо в поле «Амперметр» необходимо довести значение тока до значения параметрируемой уставки.

При срабатывании реле производится щелчок РП–11 (отключается автоматический выключатель), на дисплейной панели отображается сообщение «МТЗ» и загорается светодиод L1, в окне проверки «Ручное управление» в поле дискретных сигналов цвет цифрового светодиода меняется с зеленого на красный.

При снижении значения тока ниже уставки реле автоматически возвращается в исходное состояние.

- Определить значения: $I_{ср}$, $T_{ср}$, I_v , вычислить K_v реле.
- Перед отключением снизить ток в поле амперметра до нулевого значения и отключить RETOM–61 в окне программы, сквитировать сигнал о срабатывании на дисплейной панели или в программе SFT2841 (рис. 2.12).

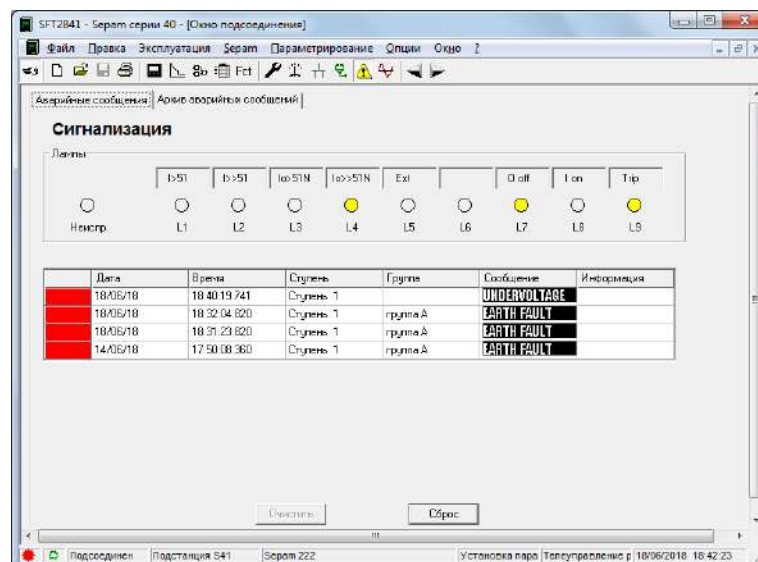


Рисунок 2.12 – Окно «Сигнализация»

- В панели, обозначенной желтым треугольником, кнопками «сброс» и «очистить» вернуть силовой выключатель при помощи ключа управления SQ1 на лицевой панели стенда в рабочее положение.
 - Повторить проверку для всех ступеней уставок защит.
15. Провести проверку реле в автоматическом режиме, для этого необходимо выбрать ярлык «Проверка реле тока» (рис. 2.13) в окне программы «PETOM61.exe».

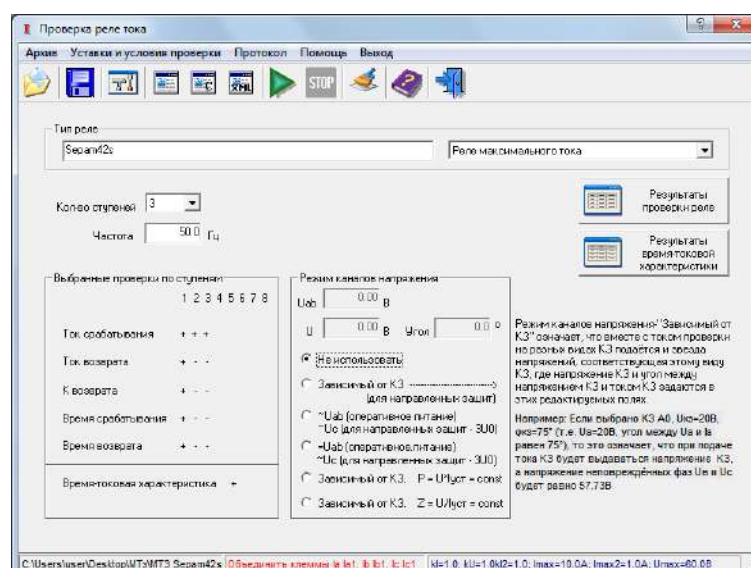



Рисунок 2.13 – Окно «Проверка реле тока»

- В текстовом поле программы «Тип реле» указать «Seram 40».
- Количество ступеней – 2 ступени.
- Открыть окно «Условия и уставки проверки» (рис. 2.14, 2.16) нажатием на изображение .
- Проверку защит провести в 2 этапа, для каждой ступени отдельно.

- В поле уставок снять «галочку» со второй ступени и установить параметры проверки в соответствии с таблицей 1.1.

Таблица 2.1 – Параметры проверки

Параметр	Значение
$I_{ср}$, А	4,0
$I_{в}$, А	3,8
$K_{в}$	0,95
$T_{ср}$, с	0,05
$T_{в}$, с	0,033
Погрешности	5–10%

- В окне «условия проверки» внести параметры в соответствии с таблицей 1.2:

Таблица 2.2 – Параметры проверки

Параметр	Значение
Проверки	Исп, Ив, Кв, Тсп, Тв
Вид КЗ	AN
Имин_Исп, А	3,8
Имакс_Исп, А	4,8
dT, А	0,05
Имин_Тсп, А	0
Имакс_Тсп, А	4,1
Ткз_ИспТсп, с	0,156
N пусков	1

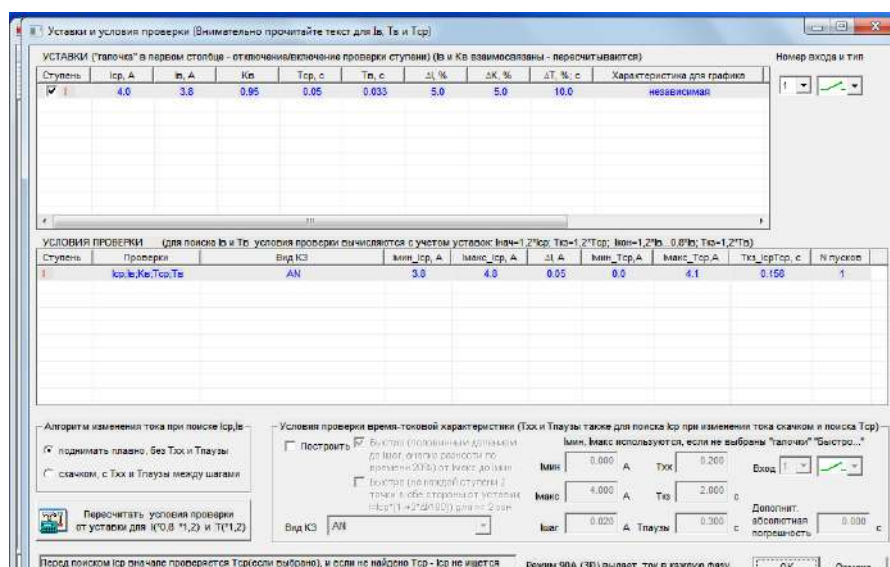


Рисунок 2.14 – Окно «Условия и уставки проверки»

- Нажать «ОК» и в окне «Проверка реле тока» нажать кнопку «Start», которая изображена в виде зеленого треугольника.
- В результате проверки текст во всех строках должен быть синего цвета (рис. 2.15, 2.17). В поле «Результат» значение должно быть «Ок», если результаты ошибочны, следует изменить условия проверки и отрегулировать уставки реле в терминале.

- В результате проверки текст во всех строках должен быть синего цвета (рис. 2.15, 2.17). В поле «Результат» значение должно быть «Ок», если результаты ошибочны, следует изменить условия проверки и отрегулировать уставки реле в терминале.

Режим отображения результатов
☐ Абсолютные величины
☒ Среднее

Степень	Вид КЗ	Параметр	Уставка	Замер	Погрешность, %	Результат
1	AN	I _{ср.А} ; N=1	4.000	~4.0500 1.25%	1.25...1.25	Ok
1	AN	I _{а.А} ; N=1	3.800	~3.7900 -0.26%	-0.26...-0.26	Ok
1	AN	K _в ; N=1	0.950	-0.9358 -1.49%	-1.49...-1.49	Ok
1	AN	T _{ср.с} ; N=1	0.050	~0.0540 8.00%	8.00...8.00	Ok
1	AN	T _{в.с} ; N=1	0.033	~0.0321 -2.73%	-2.73...-2.73	Ok

Рисунок 2.15 – Окно «Результаты»

- Клавишей «PRTSC» на клавиатуре необходимо скопировать результаты уставок проверки и окна результатов для отчета. (Значения в столбце «Замер» отражают реальные значения работы защиты.)
- Сохранить результаты проверки в протокол в формате doc и включить их в отчет.
- Повторить эксперимент со второй ступенью защиты, устанавливая уставки проверки в соответствии с изображением на рис. 2.16.

Уставки и условия проверки (Внимательно прочитайте текст для I_в, T_в и T_{ср})

УСТАВКИ ("Уставки" в первом столбце - отключение/включение проверки ступени (I_в и K_в взаимосвязаны - пересчитываются))

Степень	I _{ср. А}	I _{а. А}	K _в	T _{ср. с}	T _{в. с}	ΔI, %	ΔK, %	ΔT, % с	Характеристика для профиля
1	3.0	2.85	0.95	1.0	0.033	5.0	5.0	10.0	называемая
2	3.0	2.85	0.95	1.0	0.031	5.0	5.0	5.0	называемая

УСЛОВИЯ ПРОВЕРКИ (для поиска I_в и T_в условия проверки вычисляются с учетом уставок I_в=1.2I_{ср}, T_в=1.2T_{ср}; I_а=1.2I_а, T_а=1.2T_а)

Степень	Проверки	Вид КЗ	I _{мин. I_{ср. А}}	I _{макс. I_{ср. А}}	ΔI, А	I _{мин. T_{ср. А}}	I _{макс. T_{ср. А}}	T _{в. I_{ср. Т}} , с	N пусков
1	I _{ср.А} ; I _{а.А} ; I _в ; T _{ср.с} ; T _{в.с} ; T _{ср.Т}	AN	2.8	3.0	0.1	2.5	3.9	0.10	1

Алгоритм изменения тока при поиске I_{ср.А}:
☒ поднимать плавно, без T_{хх} и T_{плавн}
☐ скачком, с T_{хх} и T_{плавн} между шагами

Условия проверки времен-токовой характеристики (T_{хх} и T_{плавн} также для поиска I_{ср} при изменении тока скачком и поиска T_{ср})

☐ Построить T_{хх} (построить график зависимости T_{хх} от I_{ср}, начиная с I_{ср}=I_{уст.} до I_{ср}=I_{уст.}+ΔI, шаг ΔI=0.1А, T_{хх} от I_{ср} до I_{уст.} (I_{уст.}=I_{ср} при I_{ср}=I_{уст.})

☐ Вывести на экран для ступени 2 - ток и время отключения от уставки I_{уст} (I_{уст}=I_{ср} при I_{ср}=I_{уст.}) для N=1000

Вид КЗ: AN

Иск. I_{ср}: 0.000 А, T_{хх}: 0.200 с
 I_{макс}: 4.000 А, T_{кз}: 2.000 с
 I_{уст}: 0.020 А, T_{плавн}: 0.100 с

Дополнит. абсолютная погрешность: 0.000 с

Перед поиском I_{ср} сначала проверяется T_{ср} (если выбрано), и если не найдено T_{ср} - I_{ср} не ищется

Режим 90А (30) выдает ток в каждую фазу

OK Отмена

Рисунок 2.16 – Окно «Условия и уставки проверки»

Ступень	Вид КЗ	Параметр	Уставка	Замер	Погрешность, %	Результат
2	AN	Иср, А; N=1	3.000	~3.0000 0.00%	0.00...0.00	Ok
2	AN	Ив, А; N=1	2.850	~2.8050 -1.58%	-1.58...-1.58	Ok
2	AN	Кв, N=1	0.950	~0.9350 -1.58%	-1.58...-1.58	Ok
2	AN	Тср, с; N=1	1.000	~0.9969 -0.31%	-0.31...-0.31	Ok
2	AN	Тв, с; N=1	0.031	~0.0310 -0.00%	-0.00...-0.00	Ok

Рисунок 2.17 – Окно «Результаты»

- Результаты проверки терминала в ручном и в автоматическом режиме занести в таблицу 1.3:

Таблица 2.3 – Результаты эксперимента

МТЗ	Иср, А	Тср, с	Ив, А	Тв, с	Кч
Проверка реле в ручном режиме					
Ступень 1					
Ступень 2					
Проверка реле в автоматическом режиме					
Ступень 1					
Ступень 2					

16. В окне программы SFT2841 перейти на вкладку «Запись осциллограмм» (рис. 2.18), выбрать из списка осциллограммы возникновения больших токов и нажатием кнопки по стрелке выгрузить осциллограммы в папку с отчетом по работе.

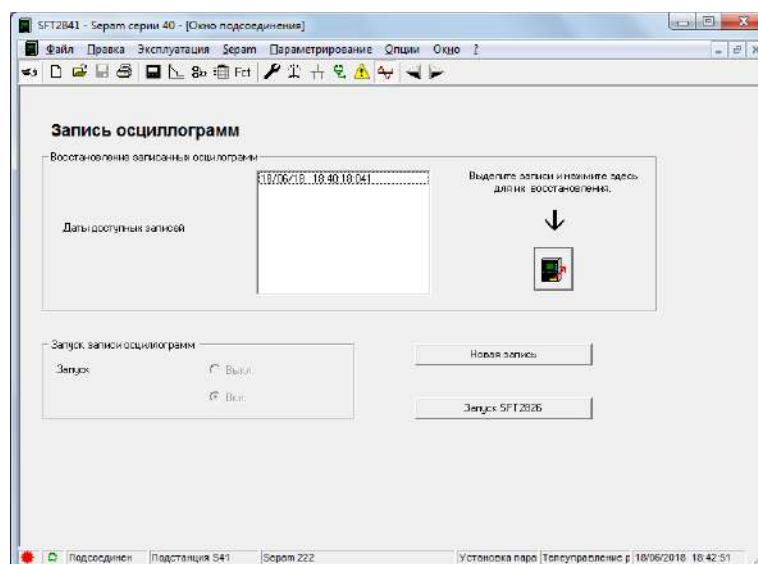


Рисунок 2.18 – Окно «Запись осциллограмм»

17. Открыть приложение FastView.exe, в меню программы выбрать пункт «Открыть» и выбрать сохраненные осциллограммы. Результаты должны быть подобными приложенным изображениям ниже (рис. 2.19–2.21). Данные осциллограммы проанализировать и приложить к отчету по лабораторной работе.



Рисунок 2.19 – Осциллограмма срабатывания МТЗ первой ступени

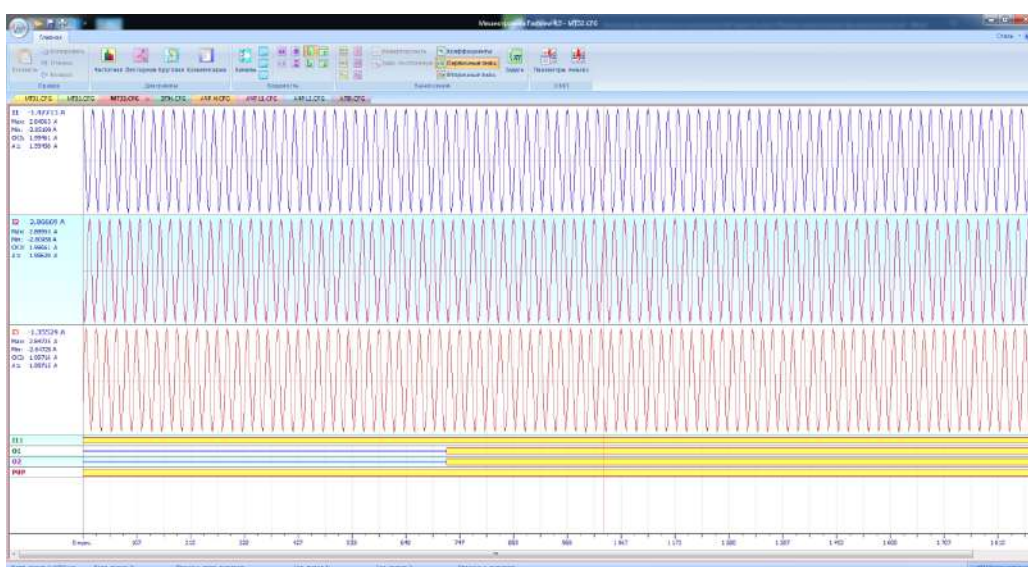


Рисунок 2.20 – Осциллограмма срабатывания МТЗ второй ступени

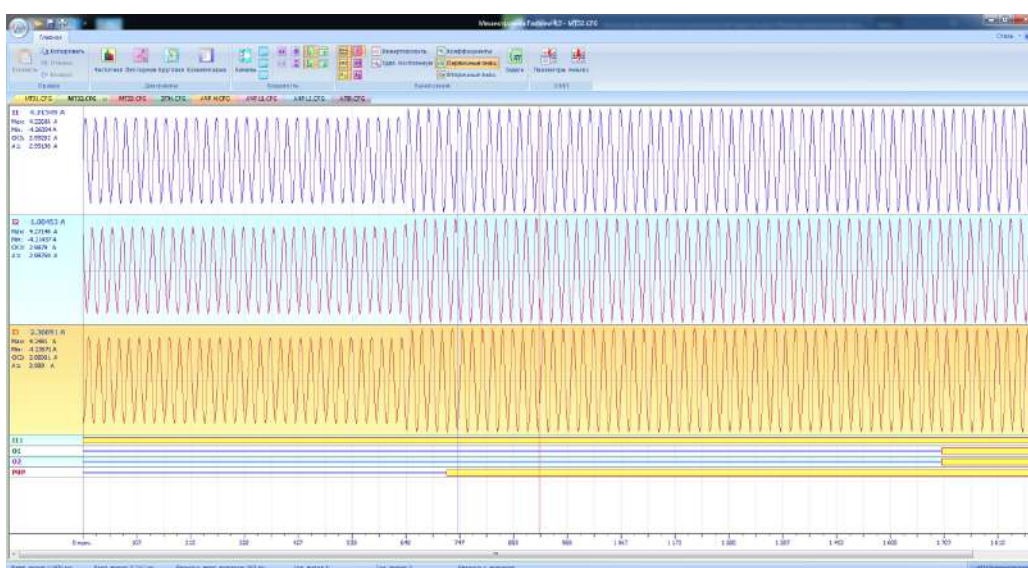


Рисунок 2.21 – Осциллограмма срабатывания МТЗ третьей ступени

18. Закрыть все активные приложения. Обесточить установку автоматическим выключателем SF1 и выключить РЕТОМ–61.

19. Оформить отчет по выполнению лабораторной работы, отразить информацию о внесенных уставках в терминал Sepam 40, результаты проверки работы защит в автоматическом и ручном режимах. Сделать выводы о проверке работы терминала в ручном и автоматическом режимах.

Контрольные вопросы

1. Какие характеристики срабатывания доступны к выбору в блоке Sepam 40 у токовых защит?

2. Начертите функциональную схему работы токовых защит блока Sepam 40.

3. Назовите способы повышения чувствительности МТЗ.

4. Назовите особенности применения токовых защит на трехобмоточных трансформаторах.

5. Назовите отличия ручной проверки РЕТОМ–61 от автоматической.

6. Какую информацию можно получить при анализе осциллограмм?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

Защита минимального и максимального напряжения

Задание: Выполнить настройку блока Seram 40 с установкой защит минимального и повышенного напряжения. Удостовериться при помощи дисплейной панели в результативности ввода уставок. При помощи РЕТОМ–61 выполнить проверку работы защит, заполнив соответствующие протоколы результатов работы.

Общие сведения

Защитами напряжения должны обеспечиваться ответственные электродвигатели, отключение которых при снижении напряжения ниже критического значения должно осуществляться с целью обеспечения безопасности технологического процесса, безопасности работы, самозапуск которых недопустим даже после восстановления его до номинального значения.

Как правило, это определенные категории электродвигателей, связанные с работой насосных установок и вентиляции, а также мощные двигатели, снижение напряжения на которых приводит к значительной нагрузке на электрическую сеть и опасности для ее синхронизма в целом.

Категория неответственных потребителей подразумевает ту долю нагрузки, которая вносит незначительный вклад в общую нагрузку; отключение неответственных потребителей не повлечет за собой полную остановку технологического процесса.

Защита минимального напряжения функционально отключает электродвигатели при отсутствии напряжения, а кроме того при протяженном устойчивом коротком замыкании, когда напряжение снижается до нулевого значения, т. к. в этом случае двигатели переходят в тормозной режим (рис. 3.1) [1].

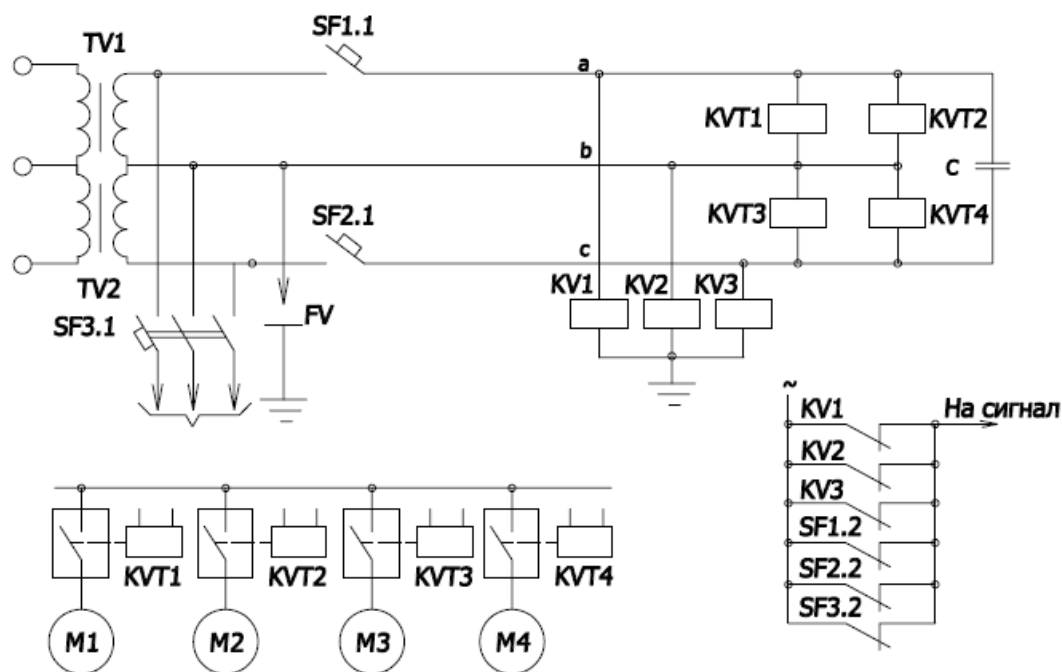


Рисунок 3.1 – Принципиальная схема минимальной защиты напряжения электродвигателей напряжением выше 1 кВ

Для группы электродвигателей защита минимального напряжения выстраивается на двух ступенях.

При помощи первой ступени из электрической сети исключаются неответственные двигатели, не несущие нарушение технологического процесса. По стандартам уставок обычно это напряжение принимается равным $0,7U_{ном}$ с отстройкой по времени срабатывания от мгновенных защит межфазных коротких замыканий $t_{с.з.} = 0,5...1,5$ с, что обеспечивает необходимую селективность в процессе работы.

После истечения времени первой ступени, если ненормальный режим работы не самоустранился и сохраняет устойчивость и усугубляется, вступает в действие вторая ступень защиты минимального напряжения. Здесь во внимание принимается уже часть ответственных электродвигателей, которые в случае возникновения явления самозапуска способны нанести вред и привести к повреждениям технологического оборудования, опасности жизни людей, связанных с особенностью производства. Уставки напряжения для второй ступени $0,5U_{ном}$, временная отстройка составляет $t_{с.з.} = 10...15$ с.

Кроме этого схемы защит минимального напряжения должны контролировать состояние цепей измерения на вторичной стороне измерительных трансформаторов напряжения, отсутствие этого требования способно привести к неправильным срабатываниям защит и излишним отключениям нагрузки при повреждении этих цепей.

Защиты от повышения напряжения (ЗПН). Современные понижающие трансформаторы 110 (220) кВ могут иметь неполную изоляцию обмотки со стороны нулевого вывода (нейтрали) высшего напряжения. Для таких трансформаторов весьма опасно повышение напряжения выше номинального. Повышение напряжения происходит в том случае, если понижающий трансформатор с изолированной нейтралью 110 (220) кВ и с источником питания на стороне низшего (среднего) напряжения 6–35 кВ остается подключенным к участку сети 110 (220) кВ, где имеется однофазное замыкание на землю, а трансформаторы с глухозаземлённой нейтралью отсутствуют.

Логическая схема защиты напряжения организована следующим образом (рис. 3.2) [5].

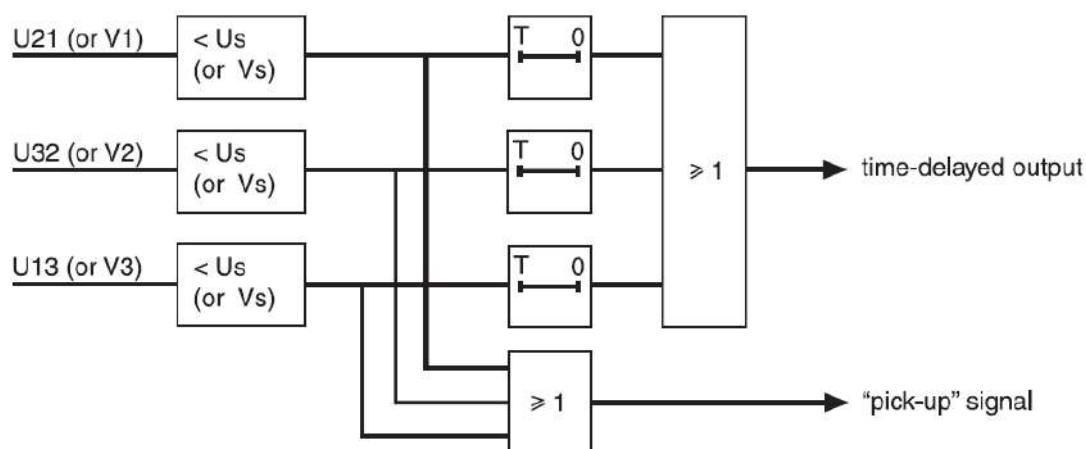



Рисунок 3.2 – Логическая схема работы органа защиты напряжения блока Seram 40

На вход подается напряжение в зависимости от заданного в настройках: фазное или линейное. При поступлении на блок происходит сравнение поступающего значения со значением введенной уставки, после чего сигнал поступает на блок выдержки времени и по истечении ее – на выходное действующее устройство. Также от блоков сравнения уходит второй сигнал, который контролирует исчезновение напряжения более чем по одной фазе сети и посылает сигнал в случае истинного значения на работу устройств автоматического ввода резерва (АВР).

Экспериментальная часть

1. Проверить состояние защитного заземления стенда.
2. Подать питание на стенд при помощи автоматического выключателя SF1, убедиться в наличии питания по индикации положения выключателя.
3. Убедиться в наличии питания по индикации блока Seram 40, дождаться полной загрузки устройства.
4. Привести персональный компьютер в рабочее состояние.
5. Подключить порт лицевой панели устройства Seram при помощи кабеля COM-USB к USB-порту персонального компьютера.
6. Запустить приложение SFT2841, в окне программы (рис. 3.3) нажать кнопку .

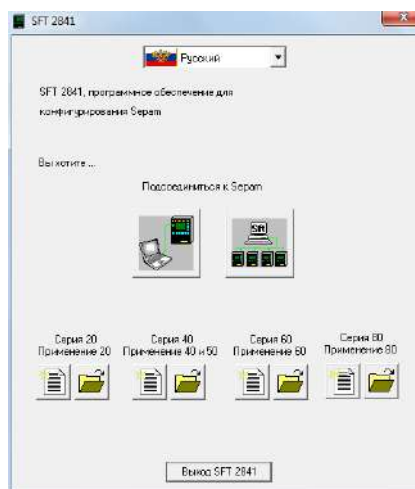


Рисунок 3.3 – Окно «SFT2841»

7. Открыть вкладку «Конфигурация Seram» (рис. 3.4). В данной работе используется расширительный модуль MES114, поэтому нужно установить «галочку» напротив. Обозначить название блока, например, «Seram 40». Модель блока выбрать «MD» (со встроенным дисплеем). В текстовом поле «Тип Seram» указать тип – 3МН, 3ПН.

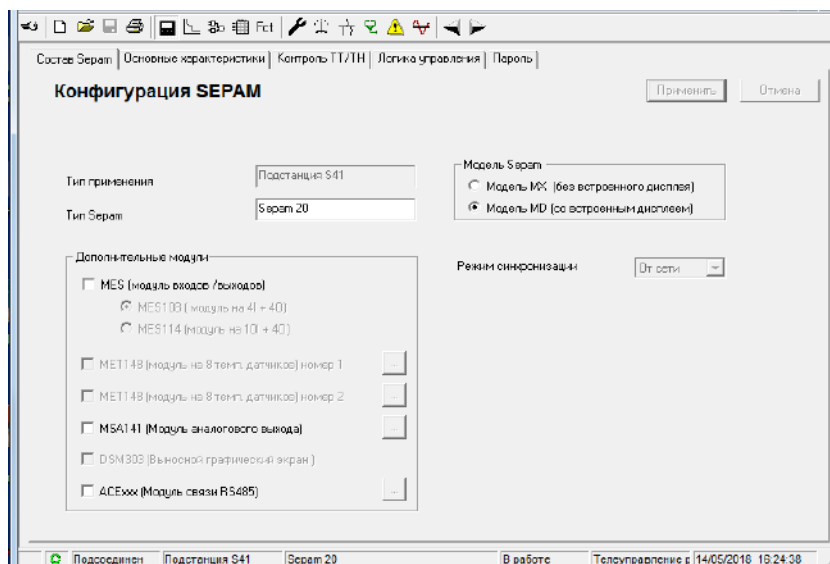


Рисунок 3.4 – Окно «Конфигурация Seram»

8. Выбрать вкладку «Основные характеристики» (рис. 3.5). В поле «Частота сети» установить частоту – 50 Гц. В поле «Выбор активной группы» – выбрать «Группа уставок»

А». «Телеуправление» установить – нет. В поле «Рабочий язык Seram» выбрать – «Русский». В поле «Ввод/фидер» выбрать – «фидер».

В поле «Трансформаторы напряжения» установить следующие показатели:

- номинальное первичное напряжение – 6 кВ;
- номинальное вторичное напряжение – 100 В;
- схема соединения ТН – U21, U32;
- измерение напряжения V0 – Не измеряется.

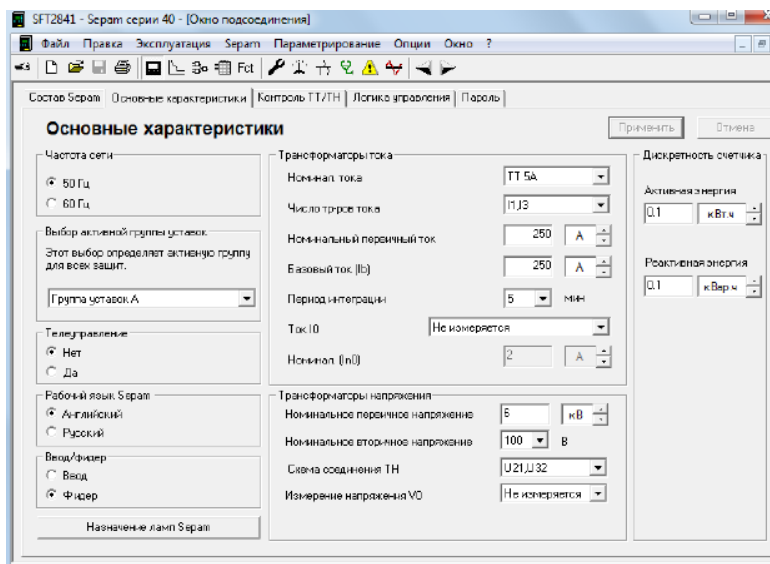


Рисунок 3.5 – Окно «Основныe характеристики»

9. На вкладке «Логика управления» (рис. 3.6) в поле параметрирование выходных реле установить «ОЗ» Испол. – да.

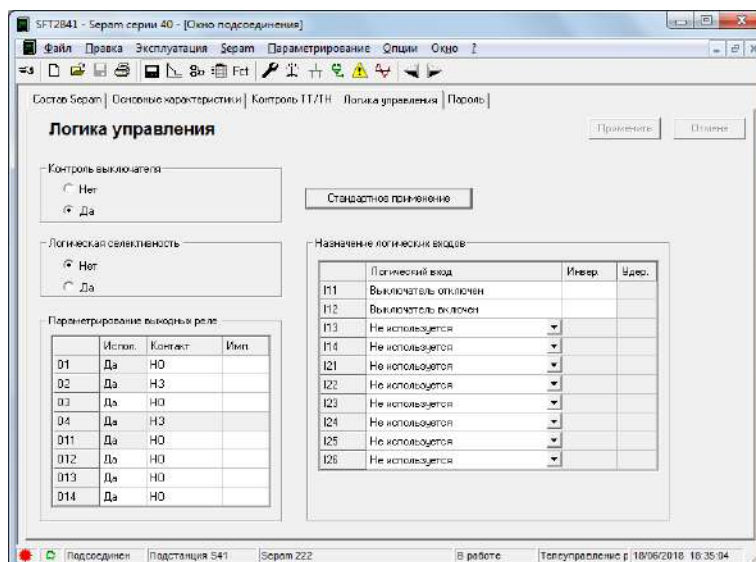


Рисунок 3.6 – Окно «Логика управления»

10. На иконке панели инструментов расположены параметры уставок, на вкладке 27/27S расположены уставки защиты Минимального напряжения (рис. 3.7).

В объеме данной лабораторной работы необходимо проверить срабатывание защит минимального и повышенного напряжения по одной ступени.

Установить параметры:

- Активировать ступень, устанавливая «галочку» на пересечении строки «Ступень 1» и столбца «Вкл.»;
- Активировать работу на отключение выключателя, устанавливая аналогичным образом символ в столбце «Отключ.»;
- Режим напряжения автоматически устанавливается «Линейный», т.к. необходимо установить в настройках контроль двух междуфазных напряжений U21 и U23;
- В поле «Порог по U» установить порог в 90%, выдержка времени – 1 с; параметры удержания не устанавливать;
- В поле «Поведение при отключении» установить «галочку» на пересечении строки «Ступень 1», и столбца «ОЗ», активируя тем самым выходное реле, на которое будет посылаться сигнал о срабатывании, и светодиод «L4» для сигнализации о срабатывании защиты на лицевой панели.

ПО ОКОНЧАНИИ ВВОДА УСТАВОК НАЖАТЬ КНОПКУ «ПРИМЕНИТЬ»!!! Только после нажатия кнопки происходит обмен данными с терминалом защит и информация об уставках вносится в память устройства.

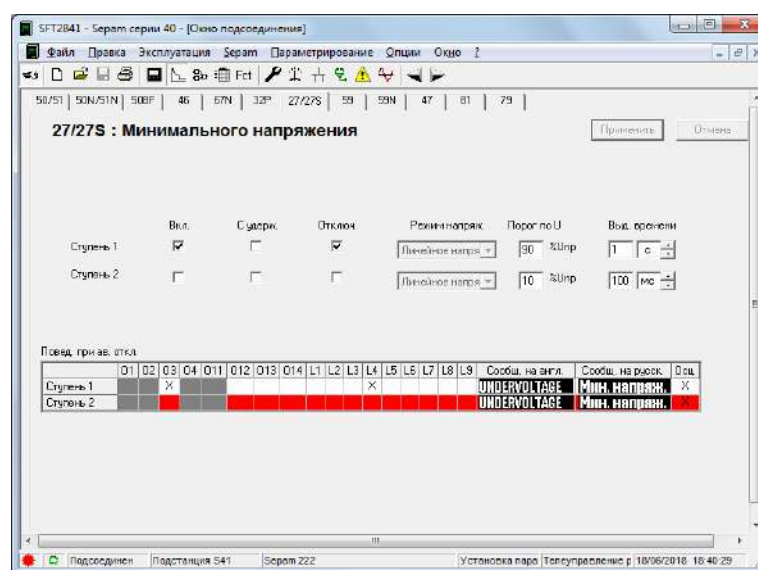


Рисунок 3.7 – Окно «27/27S Защита минимального напряжения»

11. На вкладке 59 расположены уставки защиты Максимального напряжения (рис. 3.8).

Установить параметры:

- Активировать ступень, устанавливая «галочку» на пересечении строки «Ступень 1» и столбца «Вкл.»;
- Активировать работу на отключение выключателя, устанавливая аналогичным образом символ в столбце «Отключ.»;
- Режим напряжения автоматически устанавливается «Фазный», блок пересчитывает входное линейное значение, т. к. опасность представляет превышение значения фазного напряжения;
- В поле «Порог по U» установить порог в 105%, выдержка времени – 1 с; параметры удержания не устанавливать;
- В поле «Поведение при отключении» установить «галочку» на пересечении строки «Ступень 1» и столбца «ОЗ», активируя тем самым выходное реле, на которое будет посылаться сигнал о срабатывании, и светодиод «L6» для сигнализации о срабатывании защиты на лицевой панели.

ПО ОКОНЧАНИИ ВВОДА УСТАВОК НАЖАТЬ КНОПКУ «ПРИМЕНИТЬ»!!! Только после нажатия кнопки происходит обмен данными с терминалом защит и информация об уставках вносится в память устройства.

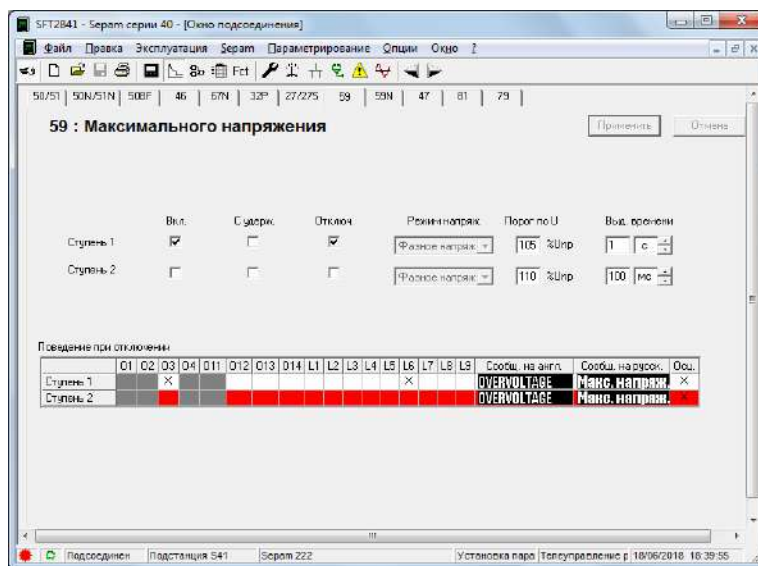


Рисунок 3.8 – Окно «59: Защита максимального напряжения»

12. Произвести проверку действия терминала на параметрируемые уставки защит. Для этого подключить устройство РЕТОМ–61 в соответствии со схемой подключения (рис.75).

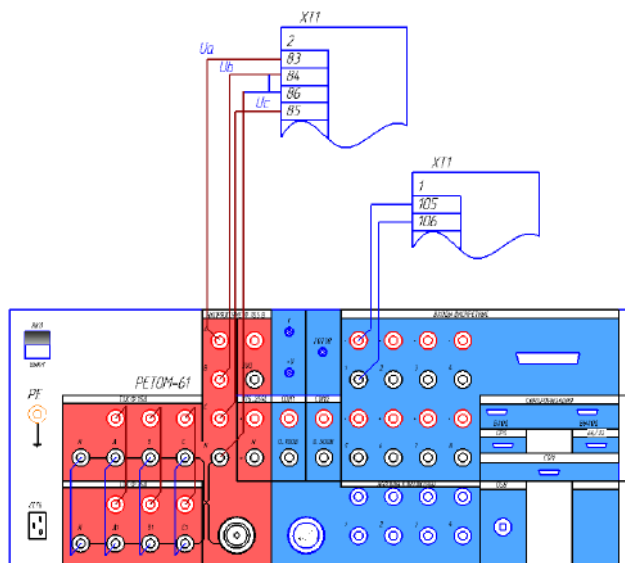
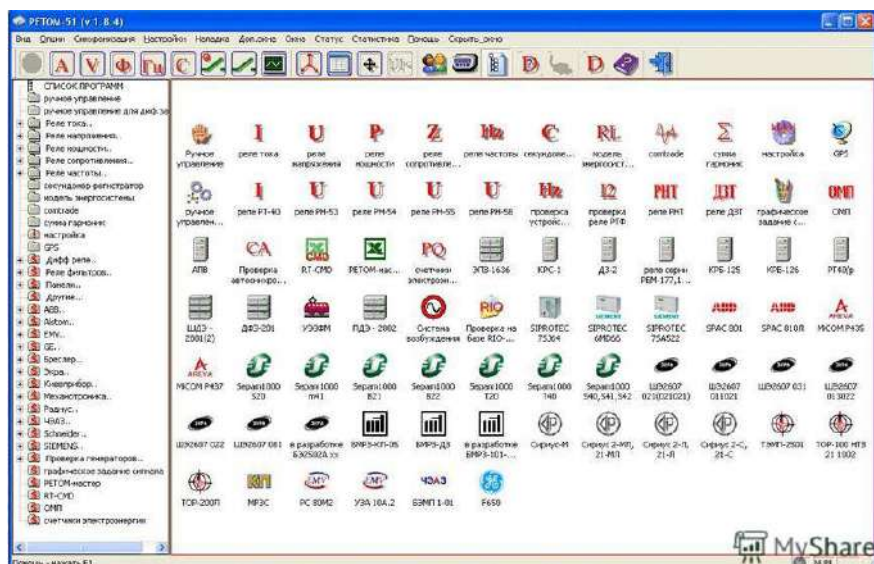


Рисунок 3.9 – Схема подключения токовых и дискретных цепей РЕТОМ–61 к блоку Seram 40

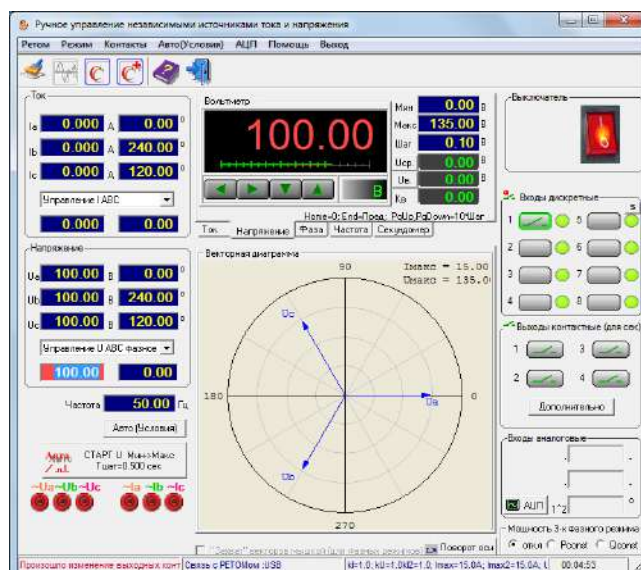
13. Запустить приложение «РЕТОМ.exe» от имени администратора (рис. 3.10).



14. Подать питание на РЕТОМ–61 кнопкой включения на лицевой панели устройства и ожидать загорания сигнального светодиода «Готовность», который сигнализирует о готовности прибора к началу работы.

15. Провести проверку в ручном режиме, для этого необходимо выбрать ярлык «Ручное управление».

В открывшемся окне программы (рис. 3.11) можно в ручном режиме подать токи на проверяемое устройство.



Контроль срабатывания устройства производится в поле «Входы дискретные» по изменению цифровых светодиодов с зеленых на красные. Необходимо обратить внимание на тип контакта (НО или НЗ), он должен соответствовать контакту в терминале.

- В поле «Напряжение» в выпадающем меню выбрать «Управление UABC».
- В поле «Вольтметр» установить «Мин» – 100 В, «Шаг» – 5 В.
- Включить программу, активируя красную кнопку в правой верхней части. О подключении к прибору программы будет свидетельствовать характерный звук срабатывания реле в работе прибора.

- Постепенными нажатиями на стрелку влево или вправо в поле «Вольтметр» необходимо довести значение тока до значения введенной уставки.
- При срабатывании реле производится щелчок РП–11 (отключается автоматический выключатель), на дисплее отображается сообщение «Защ. Минимал. Напряж.» (рис. 3.12) или «Защ. Повыш. Напряж.» (рис. 3.13) и загораются соответствующие светодиоды, в окне проверки «Ручное управление» в поле дискретных сигналов цвет цифрового светодиода меняется с зеленого на красный.

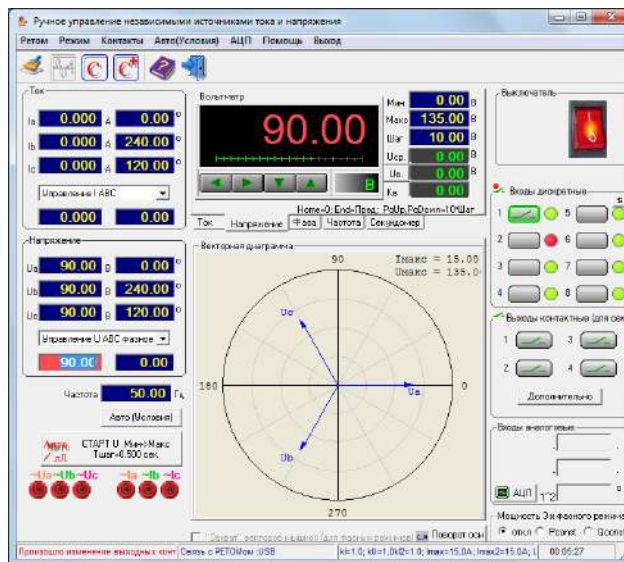


Рисунок 3.12 – Срабатывание защиты минимального напряжения в окне ручного управления

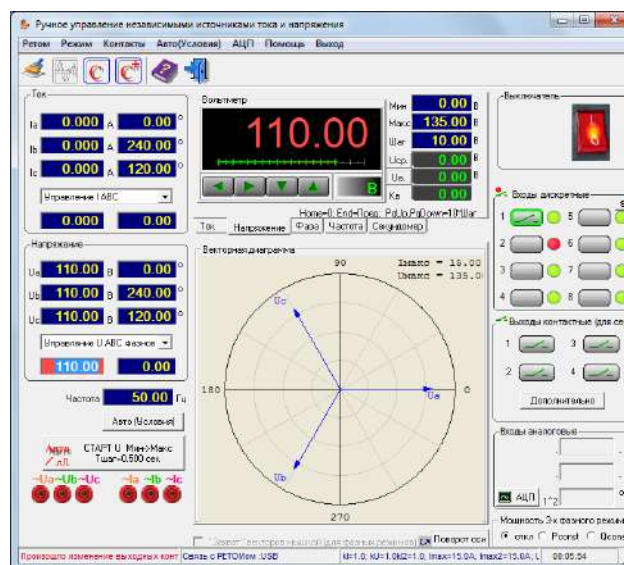


Рисунок 3.13 – Срабатывание защиты повышенного напряжения в окне ручного управления

- При снижении значения напряжения ниже уставки реле автоматически возвращается в исходное состояние.
- Определить значения: $U_{ср}$, $T_{ср}$, U_v , вычислить K_v реле для обеих защит.
- Перед отключением снизить напряжение в поле вольтметра до нулевого значения (изменить минимальное значение со 100 до 0) и отключить РЕТОМ–61 в окне программы, сквитировать сигнал о срабатывании на дисплейной панели или в программе SFT2841 в

панели, обозначенной желтым треугольником, кнопками «сброс» и «очистить», вернуть силовой выключатель при помощи ключа управления SQ1 на лицевой панели стенда в рабочее положение.

16. Провести проверку реле в автоматическом режиме, для этого необходимо выбрать ярлык «Проверка реле напряжения» в окне программы «PETOM61.exe» (рис. 3.14).

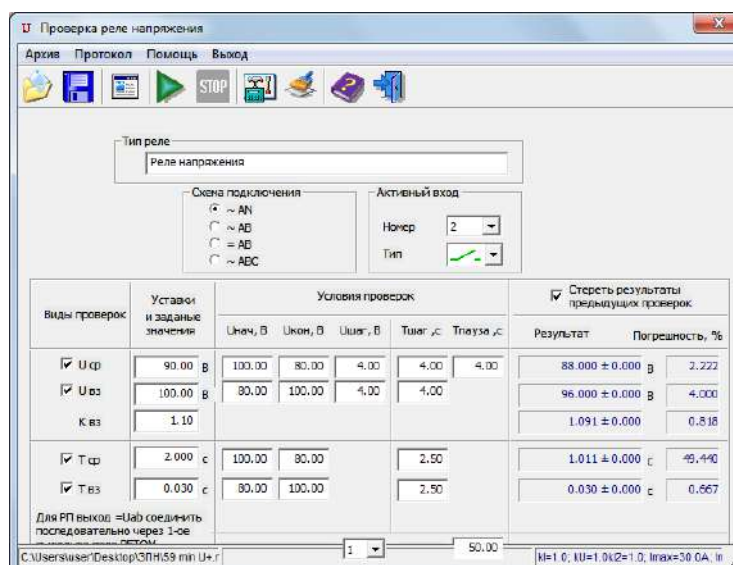


Рисунок 3.14 – Окно «Проверка реле напряжения»

- В текстовом поле программы тип реле указать «Серам 40».
- Схема подключения – ~AN.
- Активный вход: Номер – 2, Тип – Открытый.
- В столбце «Виды проверок» установить все «галочки».
- Текстовые поля программы заполнить в соответствии с изображениями на рис. 3.14 и 3.15.

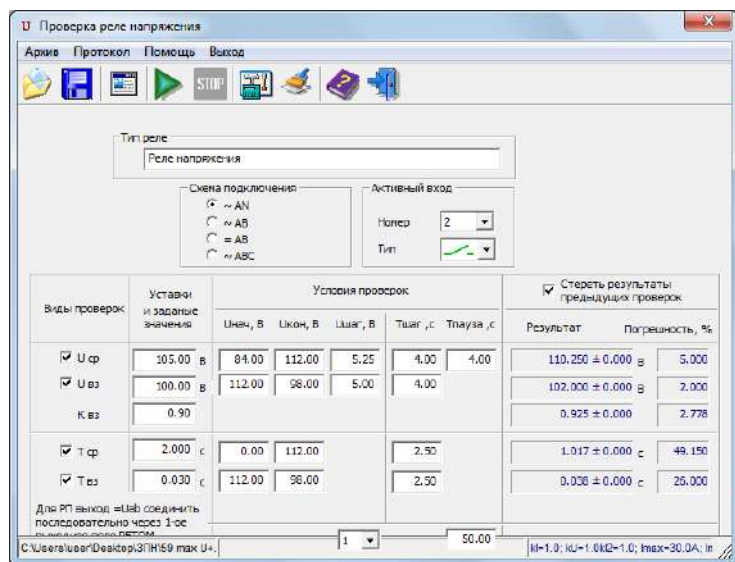


Рисунок 3.15 – Окно «Проверка реле напряжения»

- Нажать «ОК» и в окне «Проверка реле напряжения» нажать кнопку «Start», которая изображена в виде зеленого треугольника.

- В результате проверки текст во всех строках должен быть синего цвета. В поле «Результат» значение должно быть «Ok», если результаты ошибочны, необходимо изменить условия проверки и отрегулировать уставки реле в терминале.

- Клавишей «PRTSC» на клавиатуре необходимо скопировать результаты уставок проверки из окна результатов для отчета. (Значения в столбце «Замер» отражают реальные значения работы защиты.)

- Результаты проверки терминала в ручном режиме и в автоматическом режиме занести в таблицу 2.1:

Таблица 2.1 – Результаты эксперимента

	Уср, А	Тср, с	Ув, А	Тв, с	Кч
Защита минимального напряжения					
Ручная					
Автомат					
Защита повышенного напряжения					
Ручная					
Автомат					

17. В окне программы SFT2841 перейти на вкладку «Запись осциллограмм», выбрать из списка осциллограммы возникновения больших токов и нажатием на кнопку по стрелке выгрузить осциллограммы в папку с отчетом по работе.

18. Открыть приложение FastView.exe, в меню программы выбрать пункт «Открыть» и выбрать сохраненные осциллограммы, результаты должны быть подобны изображениям на рис. 3.16–3.18. Полученные осциллограммы проанализировать и приложить к отчету по лабораторной работе.

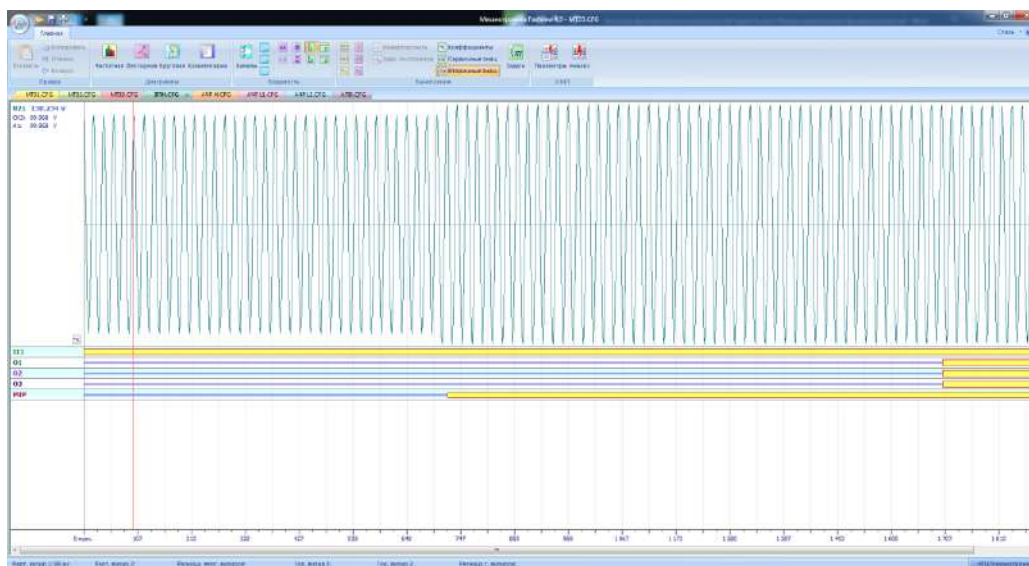


Рисунок 3.16 – Осциллограмма срабатывания ЗПН первой ступени

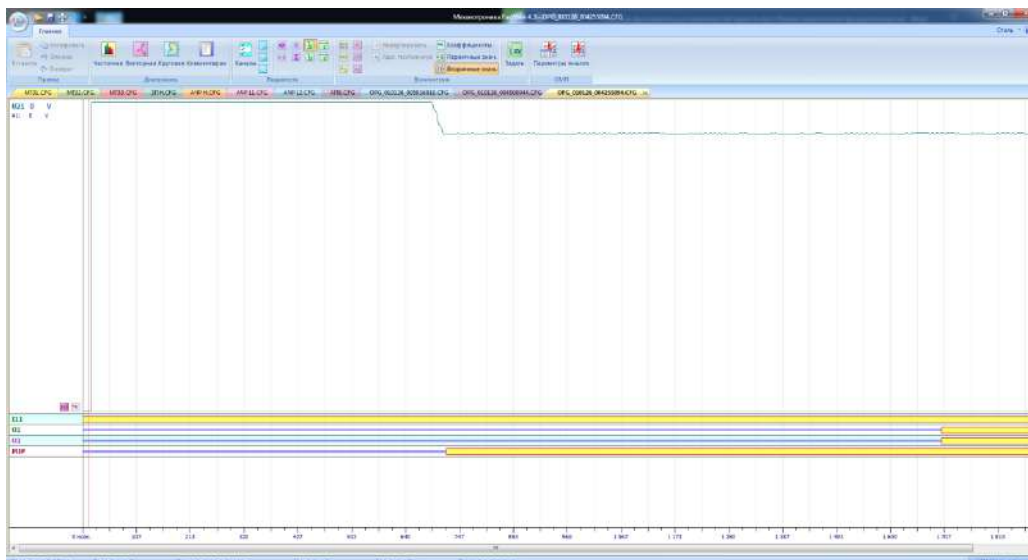


Рисунок 3.17 – Осциллограмма срабатывания ЗМН первой ступени

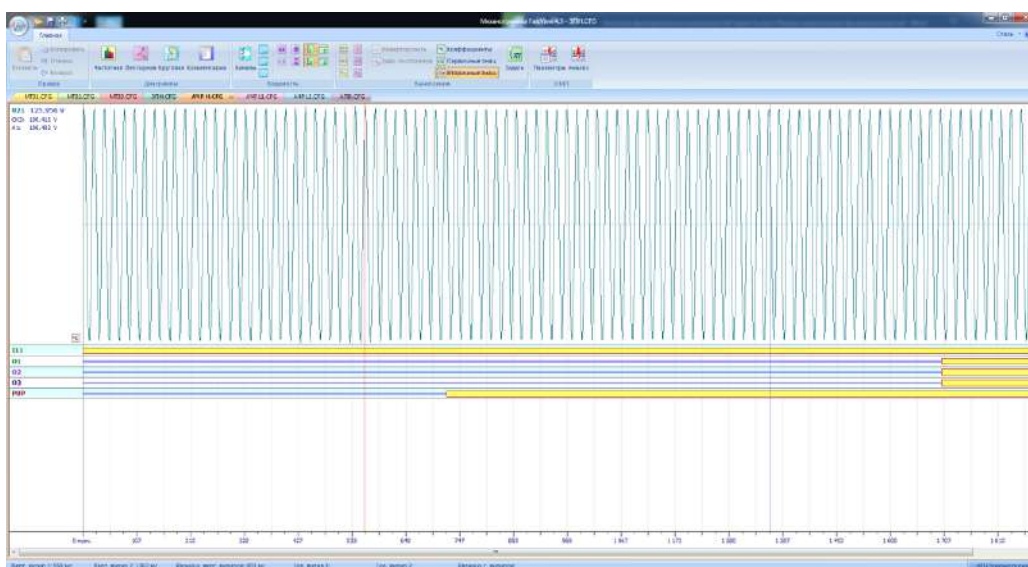


Рисунок 3.18 – Осциллограмма срабатывания ЗМН второй ступени

19. Закрыть все активные приложения. Обесточить установку автоматическим выключателем SF1 и выключить РЕТОМ–61.

20. Оформить отчет по выполнению лабораторной работы, отразить информацию о внесенных уставках в терминал Seram 40, результаты проверки работы защит в автоматическом и ручном режимах. Сделать выводы о проверке работы терминала в ручном и автоматическом режимах.

Контрольные вопросы

1. Назовите область применения защиты минимального напряжения.
2. Начертите функциональную схему работы защиты минимального напряжения блока Seram 40.
3. Назовите область применения защиты максимального напряжения.
4. Начертите функциональную схему работы защиты максимального напряжения блока Seram 40.
5. Назовите отличия ручной проверки РЕТОМ–61 от автоматической.
6. Из каких частей состоит окно программы FastView?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4

Токовая защита замыкания на землю

Задание: Выполнить настройку блока Seram 40 с установкой токовой защиты на землю. Удостовериться при помощи дисплея в результативности ввода уставок. При помощи РЕТОМ–61 выполнить проверку работы защит, заполнив соответствующие протоколы результатов работы.

Общие сведения

Наличие токов нулевой последовательности (НП) определяется типами заземления нейтрали в электрических сетях и на различном оборудовании.

Для трансформатора исключение токов нулевой последовательности достигается использованием обмотки треугольника тем самым на любых видах трансформаторов со схемами соединения звезда – треугольник устанавливают защиту на стороне звезды. Это одна из особенностей защит нулевых последовательностей, в данном случае защиты со стороны треугольника не реагируют на параметры сети со стороны звезды.

Схема соединения со звездами на первичной и вторичной обмотке с разными степенями напряжения на обмотках позволяет контролировать токи нулевой последовательности, где нейтраль звезды в трансформаторе заземлена (рис. 4.1) [5].

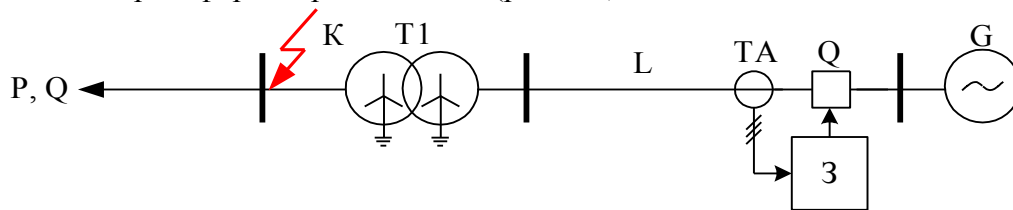


Рисунок 4.1 – Принципиальная схема расположения токовой защиты на землю

Токовая защита нулевой последовательности без определения направления с питанием только с одной стороны может получать подпитку током нулевой последовательности I_0 только со стороны заземленной обмотки силового трансформатора на защищаемом участке.

Также для ускорения срабатывания защит в сетях с глухозаземленной нейтралью могут применяться токовые отсечки нулевой последовательности. Работают такие защиты аналогично максимальным токовым отсечкам. Такие защиты могут обладать направленностью, иметь выдержку времени. В основном они находят применение при питании токами НП с одной стороны ЛЭП, когда нейтрали трансформаторов заземлены только на одной стороне.

Отсечки НП могут обладать выдержками времени, в таком случае они подобны максимальным токовым защитами в соответствии со схемой, изображенной на рис. 4.2. Без выдержки времени схема подобна, но в ней отсутствует реле времени КТ [6].

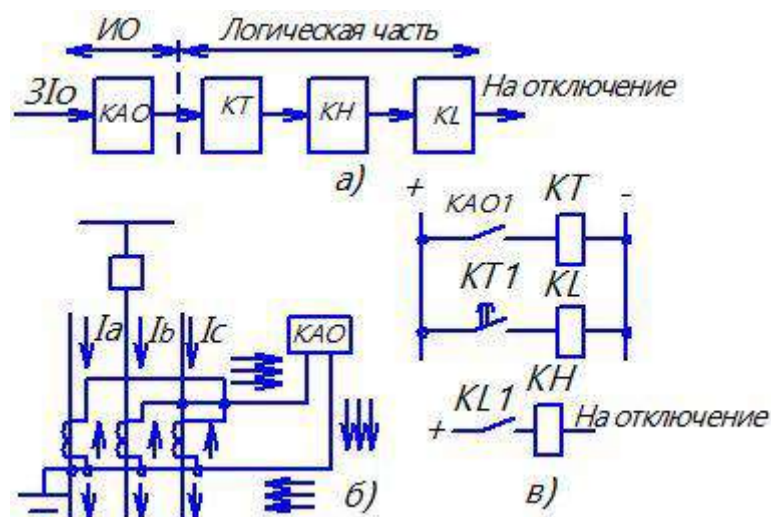



Рисунок 4.2 – Принципиальные схемы токовой защиты нулевой последовательности:
а) структурная схема, б) токовые цепи; в) схема оперативных цепей РЗ

Экспериментальная часть

1. Проверить состояние защитного заземления стенда.
2. Подать питание на стенд при помощи автоматического выключателя SF1, убедиться в наличии питания по индикации положения выключателя.
3. Убедиться в наличии питания по индикации блока Seram 40, дождаться полной загрузки устройства.
4. Привести персональный компьютер в рабочее состояние.
5. Подключить порт лицевой панели устройства Seram при помощи кабеля COM-USB к US-порту персонального компьютера.
6. Запустить приложение SFT2841, в окне программы (рис. 4.3) нажать кнопку .

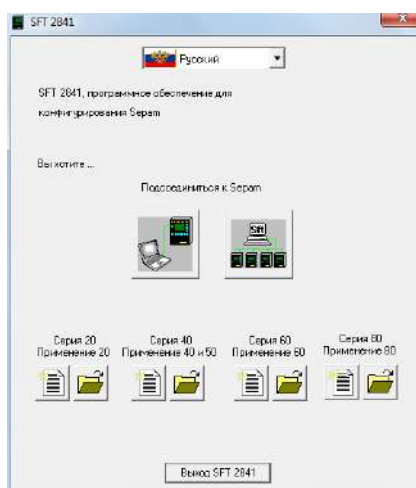


Рисунок 4.3 – Окно «SFT2841»

7. Открыть вкладку «Конфигурация Seram» (рис. 4.4). В данной работе используется расширительный модуль MES114, следует установить «галочку» напротив. Обозначить название блока, например, «Seram 40». Модель блока выбрать «MD» (со встроенным дисплеем). В текстовом поле «Тип Seram» указать тип – 3ОФ.

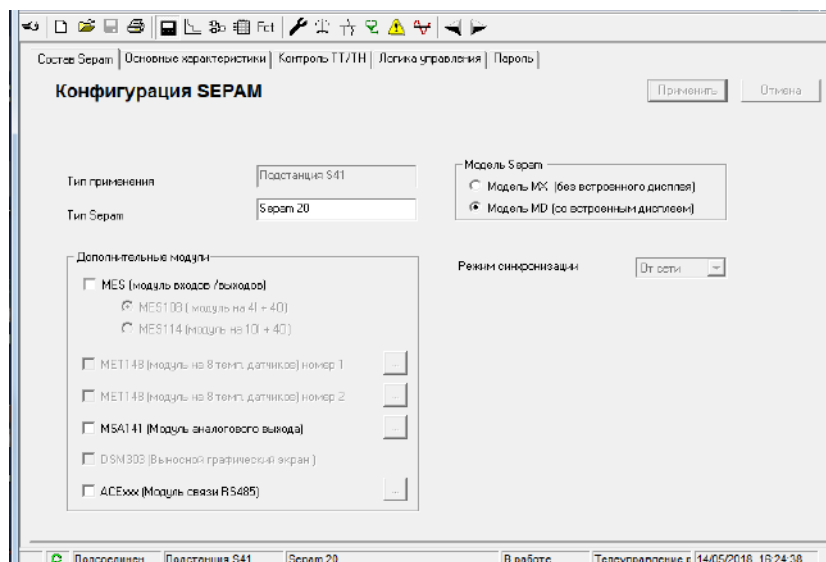


Рисунок 4.4 – Окно «Конфигурация SEPAM»

8. Выбрать вкладку «Основные характеристики» (рис. 4.5). Установить в поле «Частота сети» частоту – 50 Гц. В поле «Выбор активной группы» выбрать – «Группа уставок А». «Телеуправление» установить – нет. В поле «Рабочий язык SEPAM» выбрать – «Русский». В поле «Ввод/фидер» выбрать – «фидер».

В поле «Трансформаторы тока» установить следующие параметры:

- номинал тока – ТТ 5А;
- число трансформаторов тока – I1, I2, I3;
- номинальный первичный ток – 5А;
- базовый ток – 5А;
- ток I0 2А – номинал CSH120/200.

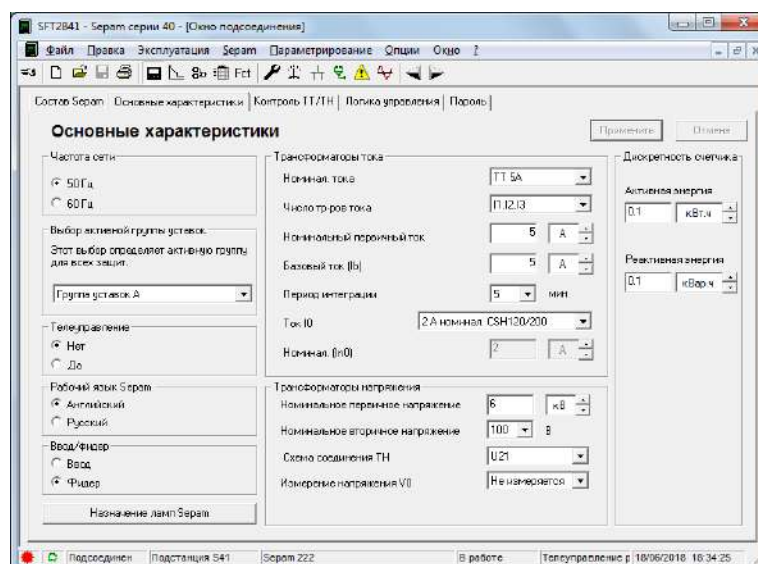


Рисунок 4.5 – Окно «Основные характеристики»

9. На вкладке «Логика управления» (рис. 4.6) в поле «Параметрирование выходных реле» установить «O12». Испол. – да.

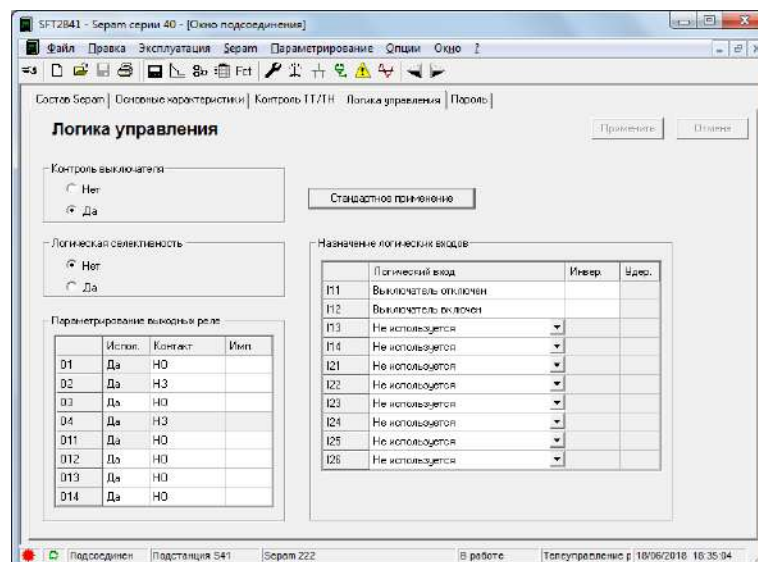



Рисунок 4.6 – Окно «Логика управления»

10. На иконке  панели инструментов расположены параметры уставок, на вкладке 50/51N расположены уставки Максимальной токовой защиты на землю (рис. 4.7).

В объеме данной лабораторной работы необходимо проверить срабатывание защит по двум ступеням.

Установить параметры:

- Активировать ступени, устанавливая «галочку» на пересечении строки «Ступень 1», «Ступень 2» и столбца «Вкл.»;
- В сетях с изолированной нейтралью режим с повреждением одной фазы не считается аварийным, поэтому земляная защита, как правило, устанавливается с работой на сигнал, без отключения выключателя;
- Для первой ступени в столбце «Измерение тока I_0 » выбрать вход I_0 , защита будет сигнализировать о возникновении тока в ТТНП вследствие повреждения одной из фаз; для второй ступени – «сумма $3I_0$ », что сигнализирует о появлении асимметрии в нагрузке, в поле «Группа А» для первой ступени выбрать характеристику срабатывания: кривая отключения «Независимая», Ток уставки – «1 А», Выдержка – «1 с». Параметры удержания не устанавливать;
- Для второй ступени: кривая отключения «Независимая», Ток уставки – «1 А», Выдержка – «1 с». Параметры удержания не устанавливать. В поле «Поведение при отключении» установить «галочку» на пересечении строки «Ступень 1», «Ступень 2» и столбца «L3» и «L4» соответственно.

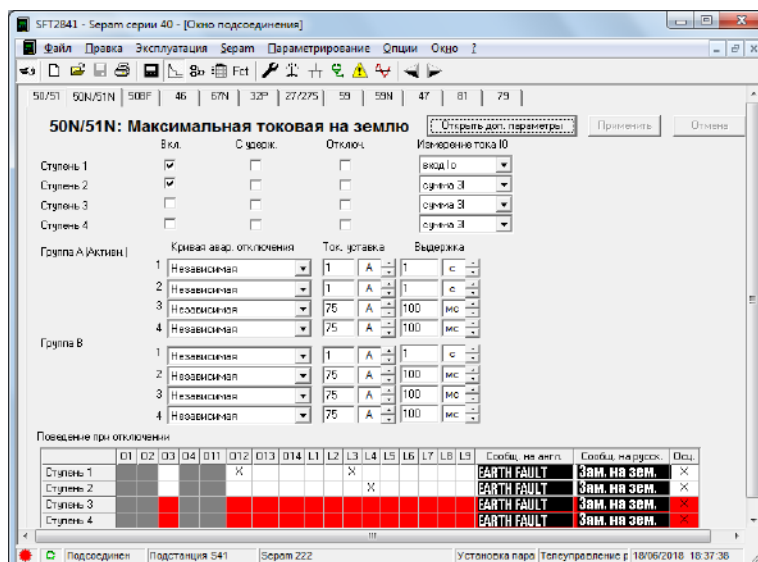


Рисунок 4.7 – Окно «50/51N уставки максимальной токовой защиты на землю»

ПО ОКОНЧАНИИ ВВОДА УСТАВОК НАЖАТЬ КНОПКУ «ПРИМЕНИТЬ»!!! Только после нажатия кнопки происходит обмен данными с терминалом защит и информация об уставках вносится в память устройства.

11. Произвести проверку действия терминала по введенным уставкам защит. Для этого подключить устройство РЕТОМ–61 в соответствии со схемой подключения (рис. 4.8).

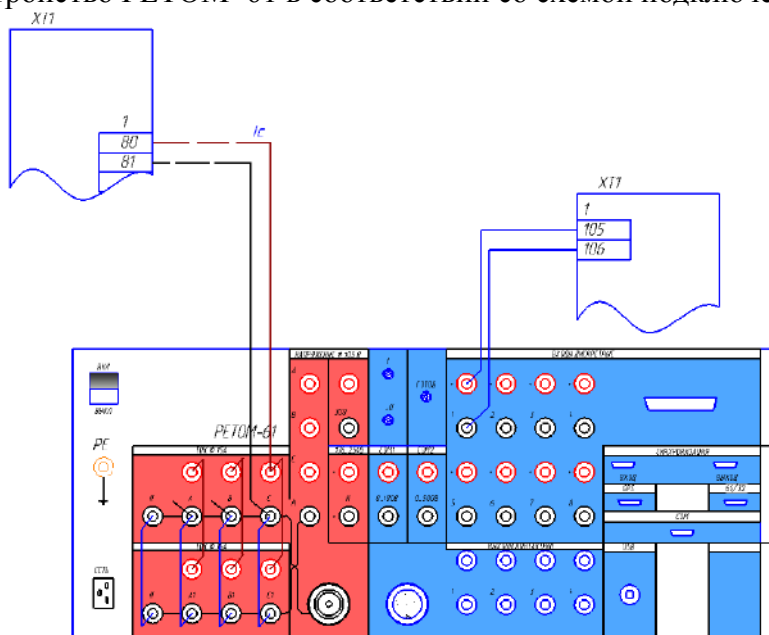


Рисунок 4.8 – Схема подключения токовых и дискретных цепей РЕТОМ–61 к блоку Serat
40

12. Запустить приложение «РЕТОМ.exe» от имени администратора (рис. 4.9).

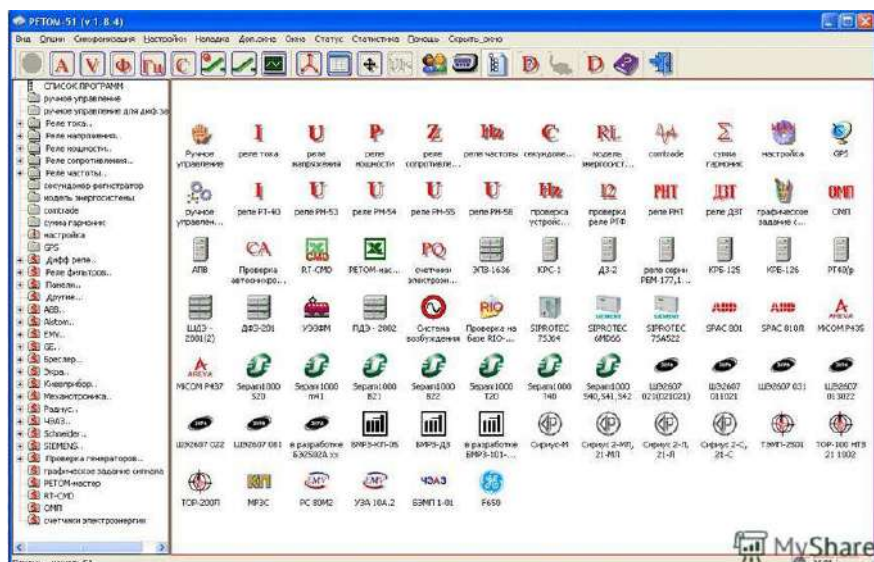


Рисунок 4.9 – Окно «РЕТОМ-61»

13. Подать питание на РЕТОМ–61 кнопкой включения на лицевой панели устройства и ожидать загорания сигнального светодиода «Готовность», который сигнализирует о готовности прибора к началу работы.

14. Провести проверку в ручном режиме, для этого необходимо выбрать ярлык «Ручное управление».

В открывшемся окне программы (рис. 4.10) в ручном режиме подать токи на проверяемое устройство.

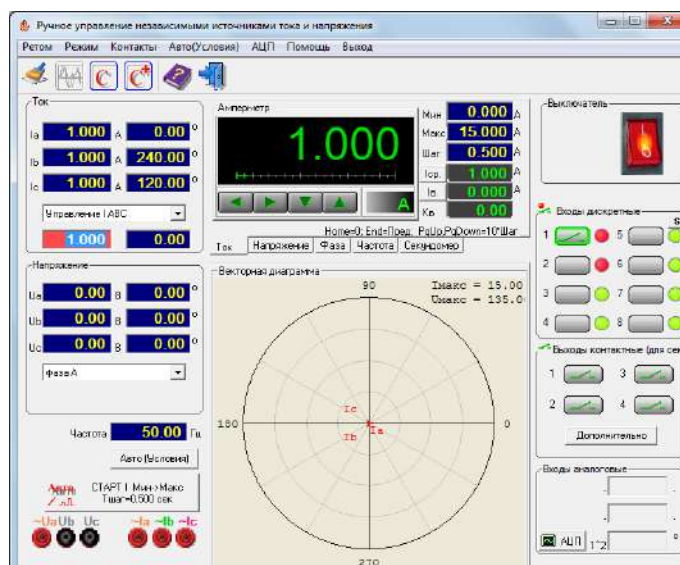


Рисунок 4.10 – Окно «Ручное управление»

Контроль срабатывания устройства производится в поле «Входы дискретные» по изменению цифровых светодиодов с зеленых на красные. Необходимо обратить внимание на тип контакта (НО или НЗ), он должен соответствовать контакту в терминале.

- В поле «Ток» в выпадающем меню выбрать «Управление IABC».
- В поле «Амперметр» установить «Шаг» – 0,2 А.
- Включить программу, активировать красную кнопку в правой верхней части. О подключении к прибору программы будет свидетельствовать характерный треск в работе прибора.

- Постепенными нажатиями на стрелку влево или вправо в поле «Амперметр» необходимо довести значение тока до введенного значения уставки.
- При срабатывании реле производится щелчок РП–11 (отключается автоматический выключатель), на дисплее отображается сообщение «Зем. На зем.» и загорается светодиод L3, L4, в окне проверки «Ручное управление» в поле дискретных сигналов цвет цифрового светодиода меняется с зеленого на красный.
- При снижении значения тока ниже уставки реле автоматически возвращается в исходное состояние.
- Определить значения: $I_{ср}$, $T_{ср}$, I_v , вычислить K_v реле.
- Перед отключением снизить ток в поле амперметра до нулевого значения и отключить РЕТОМ–61 в окне программы, сквитировать сигнал о срабатывании на дисплее или в программе SFT2841 в панели, обозначенной желтым треугольником, кнопками «сброс» и «очистить», вернуть силовой выключатель при помощи ключа управления SQ1 на лицевой панели стенда в рабочее положение.
- Повторить проверку для всех ступеней уставок защит.
- Результаты проверки терминала в ручном режиме и в автоматическом режиме занести в таблицу 4.1.

Таблица 4.1 – Результаты эксперимента

ЗОФ	$I_{ср}, A$	$T_{ср}, c$	I_v, A	K_v
Ступень 1				
Ступень 2				

15. В окне программы SFT2841 перейти на вкладку «Запись осциллограмм» (рис. 4.11), выбрать из списка осциллограммы возникновения больших токов и нажатием на кнопку по стрелке выгрузить осциллограммы в папку с отчетом по работе.

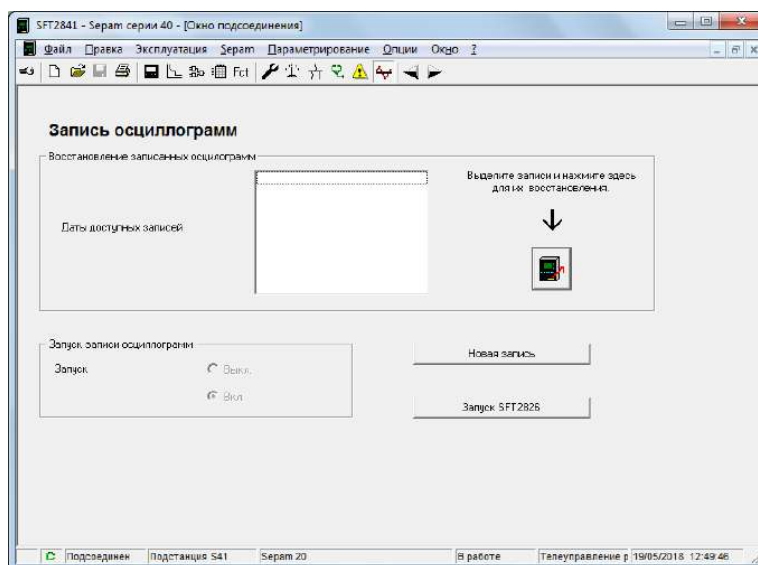


Рисунок 4.11 – Окно «Запись осциллограмм»

16. Открыть приложение FastView.exe, в меню программы выбрать пункт «Открыть» и выбрать сохраненные осциллограммы. Полученные осциллограммы проанализировать и приложить к отчету по лабораторной работе.

17. Закрыть все активные приложения. Обесточить установку автоматическим выключателем SF1 и выключить РЕТОМ–61.

18. Оформить отчет по выполнению лабораторной работы, отразить информацию о введенных уставках в терминал Seram 40 и результатах проверки работы защит в автома-

тическом и ручном режимах. Сделать выводы о проверке работы терминала в ручном и автоматическом режимах.

Контрольные вопросы

1. Назовите область применения токовой защиты нулевой последовательности.
2. Начертите функциональную схему работы токовой защиты нулевой последовательности блока Seram 40.
3. Поясните последовательность срабатывания устройств по схеме оперативных цепей.
4. Какие характеристики срабатывания доступны для выбора при параметрировании токовой защиты нулевой последовательности в Seram 40?
5. Что контролирует защита при выборе входа «Сумма $3I$ » при параметрировании токовой защиты нулевой последовательности в Seram 40?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5

Защита от повышения и понижения частоты

Задание: выполнить настройку блока Sepam 40 с настройкой защиты от повышения и понижения частоты. Удостовериться при помощи дисплея в результативности ввода уставок. При помощи РЕТОМ–61 выполнить проверку работы защит, заполнив соответствующие протоколы результатов работы.

Общие сведения

Нарушение равновесия между вырабатываемой мощностью источника и потребляемой мощностью нагрузки может стать причиной возникновения нежелательных электромеханических процессов в энергосистеме, которые влекут за собой качания частоты вращения синхронных генераторов. В случае перегрузки синхронных генераторов их начнет снижаться, и со временем вся система будет аварийно остановлена.

Процесс, при котором происходит массовое снижение частоты электрической энергии в системе, называется «лавиной частоты». Ликвидировать такой процесс можно лишь путем отключения той доли нагрузки, которая находится за пределами номинального значения.

Но не только превышение мощности может приводить к аварийному режиму работы. Резкое отключение большого числа потребителя может привести к увеличению скорости вращения синхронных генераторов. А превышение номинальной скорости может вызвать неконтролируемое вращение генераторов и привести к механическому разрушению генератора.

ГОСТ 32144–2013 устанавливает величину номинальной частоты в электрической сети значением в 50 Гц и допускает отклонение этого значения в пределах $\Delta f = \pm 0,1$ Гц. На небольшой период времени частота может изменяться на 0,2 Гц, и значение в 0,4 Гц является предельно допустимым в энергосистеме. В настоящее время частота в сети и частота вращения генераторов контролируется устройствами автоматики, но в ненормальных режимах ее работы может также регулироваться вручную.

Регулирование частоты может быть реализовано только при наличии дополнительных источников мощности, которые могли бы погасить недостатки мощности. Это возможно только тогда, когда генераторы нагружены менее своей номинальной мощности.

Проблемы автоматического регулирования частоты решаются при помощи специального устройства, называемого автоматической частотной разгрузкой (АЧР). Логическая схема приведена на рисунке 5.1. Технологический режим работы устройств АЧР способен улавливать не только изменение амплитудного значения, но также и время приращения параметра [5].

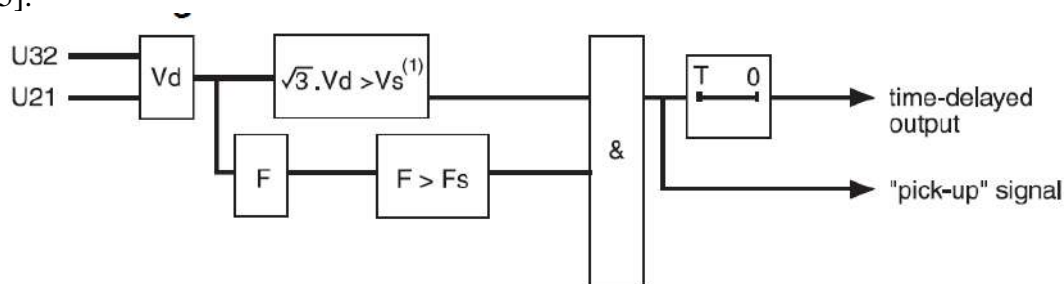


Рисунок 5.1 – Логическая схема защиты от повышения частоты в сети для Sepam 40

Особенностью режима работы энергосистем является равенство в каждый момент мощности источников энергии сумме нагрузки и потерь.

Изменение нагрузки требует следящего изменения генерирующих мощностей, в противном случае происходит изменение частоты в системе. При аварийном отключении ге-

генераторов на электростанциях или при разделении энергосистемы по любой причине на отдельные части может возникнуть дефицит генерируемой активной мощности и снизиться частота тока. Одновременно со снижением частоты тока напряжение может достигнуть столь низкого значения, что начнется массовое затормаживание электродвигателей, при котором возрастут их нагрузочные токи и, как следствие, произойдет еще большее снижение напряжения в системе. В результате параллельно работающие генераторы выйдут из синхронизма и отключатся. Питание потребителей прекратится.

При возникновении дефицита мощности используются имеющиеся в системе резервы.

В целях быстрого восстановления частоты до определенного минимума, кроме использования имеющегося в системе резерва, прибегают к разгрузке системы путем отключения части ее приемников. При этом разгрузку энергосистемы производят автоматически с помощью специального устройства, называемого устройством автоматической частотной разгрузки.

Выключатели отключают приемники очередями.

Устройства АЧР должны обеспечивать:

- работу энергосистемы, даже в случае нехватки активной мощности либо иной причины уменьшения частоты;
- контроль величины частоты, не давая ей снижаться менее 45 Гц; допускается уменьшать частоту сети до 47 Гц на период в 20 с или 48,5 Гц до 60 с;
- отключение излишних нагрузок, не допуская возникновения падения частоты или напряжения в соответствии с категоричностью нагрузок;
- восстановление режима работы, который длительно может существовать в системе, до восстановления нормального режима;
- если восстановление нормального режима после действия АЧР возлагается на устройства автоматики, то АЧР должно обеспечить подъем частоты до уровня, необходимого для их срабатывания;
- согласованное действие по сравнению с другими устройствами автоматики, такими как АПВ и АВР;
- игнорирование кратковременных и малозначительных отклонений [4].

Устройства аварийного отключения повышенной частоты (АОПЧ) предназначены для предотвращения недопустимого повышения частоты (до 55 Гц), при котором возможно срабатывание автоматов безопасности турбин ТЭС или АЭС, а также для ограничения длительного повышения частоты на ТЭС или АЭС до значений, при которых нагрузка блоков не выходит за пределы диапазона допустимых нагрузок.

В узлах, где нет ТЭС или АЭС, устройства АОПЧ применяются для ограничения повышения частоты до значения 60 Гц для обеспечения нормальной работы двигательной нагрузки.

Комплекс устройств АОПЧ охватывает любой район, который работает изолированно, или такой, который может быть отделен от остальной энергосистемы сечениями асинхронного режима, самопроизвольного или управляемого деления и т. п. с аварийным избытком мощности. Комплекс устройств АОПЧ выполняет свою функцию при возможных для данного района (узла) аварийных избытках мощности.

Устройства АОПЧ не срабатывают при эксплуатационном повышении частоты, не создающем условия по предыдущему пункту, а также в режиме синхронных качаний.

Устройства АОПЧ действуют при опасности повышения частоты энергосистемы и (или) скорости ее повышения с контролем, если требуется, выхода режима котлов за пределы регулировочного диапазона.

Для обеспечения несрабатывания при синхронных качаниях может использоваться контроль загрузки возможного сечения деления в доаварийном режиме.

Устройства АОПЧ ликвидируют аварийный избыток активной мощности района в основном за счет отключения генераторов и деления системы. Деление системы используется для отделения ТЭС с примерно сбалансированной нагрузкой от остальной части энергосистемы с целью резервирования действия остальных устройств АОПЧ.

С целью предотвращения выхода блоков ТЭС или АЭС за регулировочный диапазон возможна разгрузка части блоков до нагрузки холостого хода. Логическая схема приведена на рис. 5.2 [5].

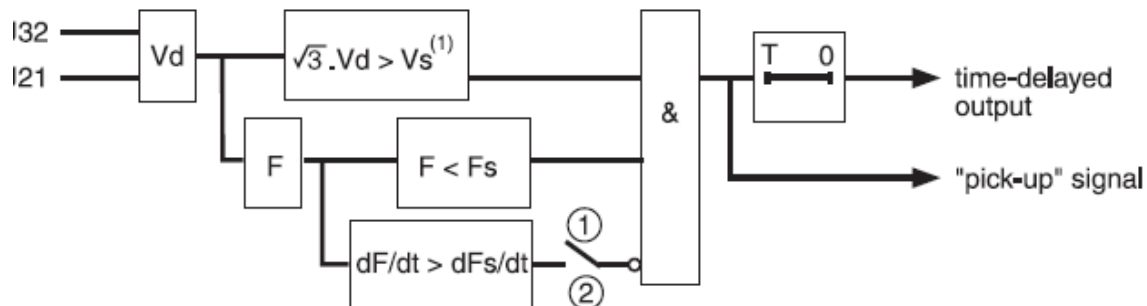


Рисунок 5.2 – Логическая схема защиты от снижения частоты в сети для Sepam 40

Логическая схема защит от снижения и повышения частоты в блоках Sepam 40 (рис. 5.1, 5.2) построена с определенным единообразием, входной величиной для защиты является напряжение, измеряемое с трансформаторов напряжения, которое раскладывается на свое амплитудное значение и частоту, в результате чего на блок «&» поступают два сигнала: один контролирует напряжение в системе и при снижении его ниже номинального не дает запуститься частотным защитам, второй сигнал сверяется с уставкой по частоте, и при снижении или превышении также поступает на логический блок «&». После логического блока сигнал отправляется на сигнализирующее звено и через выдержку времени на выходные реле защиты. В дополнение к схеме защиты минимальной частоты внедрена ветвь, определяющая скорость снижения волны частоты, т. е. если частота снижается недостаточно быстро для возникновения опасного режима, эта ветвь может блокировать работу защиты.

Экспериментальная часть

1. Проверить состояние защитного заземления стенда.
2. Подать питание на стенд при помощи автоматического выключателя SF1, убедиться в наличии питания по индикации положения выключателя.
3. Убедиться в наличии питания по индикации блока Sepam 40, дождаться полной загрузки устройства.
4. Привести персональный компьютер в рабочее состояние.
5. Подключить порт лицевой панели устройства Sepam при помощи кабеля COM-USB к USB-порту персонального компьютера.
6. Запустить приложение SFT2841, в окне программы (рис. 5.3) нажать кнопку

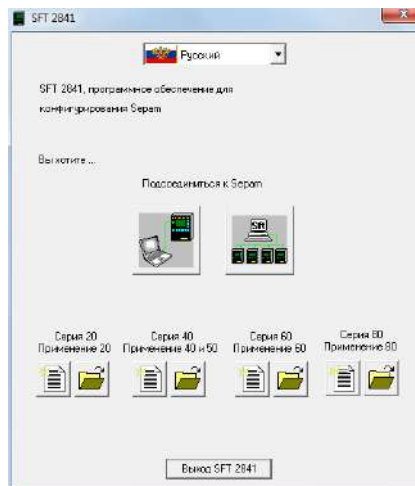


Рисунок 5.3 – Окно «SFT–2841»

7. Открыть вкладку «Конфигурация Seram» (рис. 5.4). В данной работе используется расширительный модуль MES114, установить «галочку» напротив. Обозначить название блока, например, «Seram 40». Модель блока выбрать «MD» (со встроенным дисплеем). В текстовом поле «Тип Seram» указать тип – ЧЗ.

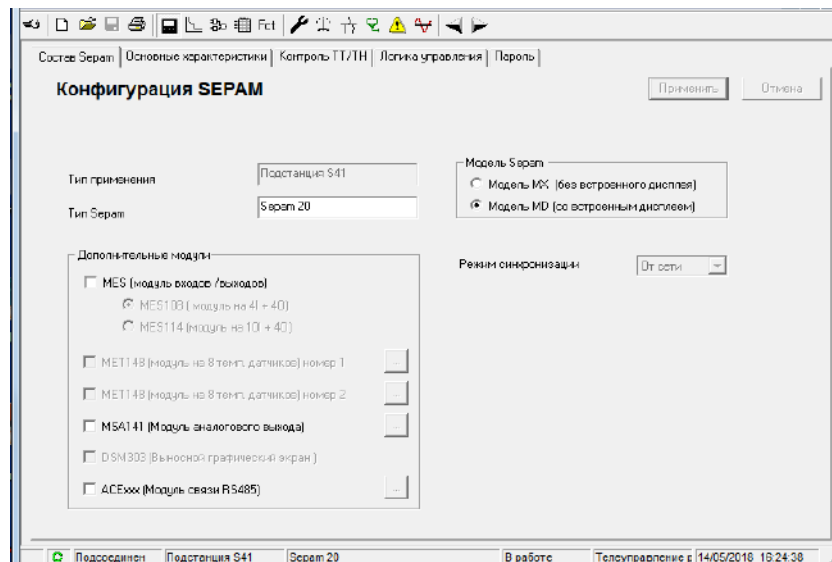


Рисунок 5.4 – Окно «Конфигурация Seram»

8. Выбрать вкладку «Основные характеристики» (рис. 5.5). Установить в поле «Частота сети» частоту – 50 Гц. В поле «Выбор активной группы» выбрать – «Группа уставок А». «Телеуправление» установить – нет. В поле «Рабочий язык Seram» выбрать – «Русский». В поле «Ввод/фидер» выбрать – «фидер».

В поле «Трансформаторы напряжения» установить следующие показатели:

- Номинальное первичное напряжение – 6 кВ;
- Номинальное вторичное напряжение – 100 В;
- Схема соединения ТН – U21, U32;
- Измерение напряжения V0 – Не измеряется.

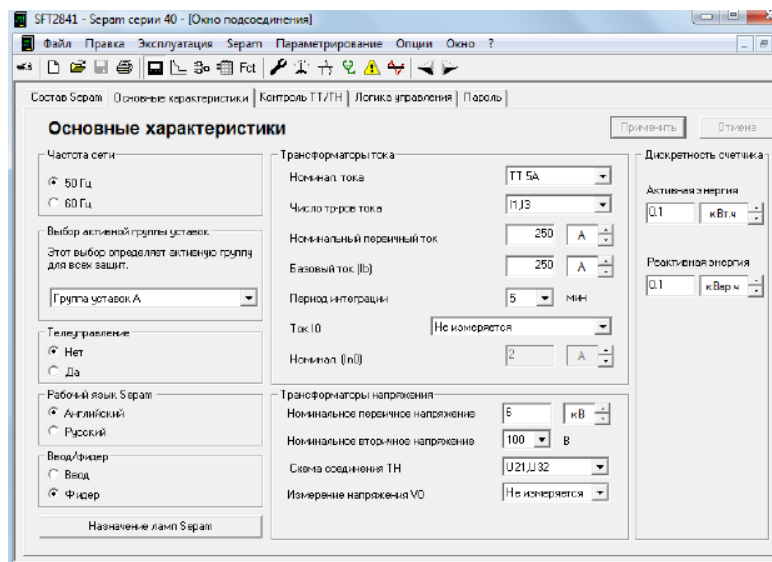


Рисунок 5.5 – Окно «Основные характеристики»

9. На вкладке «Логика управления» (рис. 5.6) в поле «Параметрирование выходных реле» установить «ОЗ» Испол. – да.

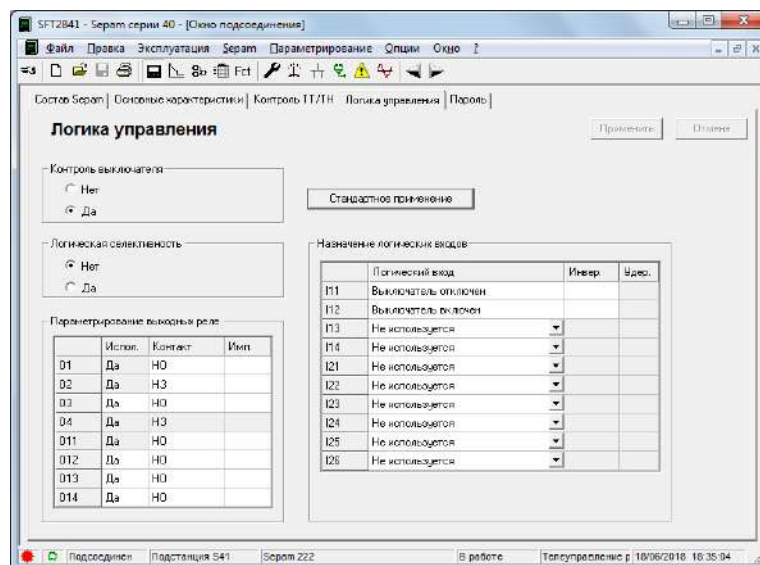



Рисунок 5.6 – Окно «Логика управления»

10. На иконке  панели инструментов расположены параметры уставок, на вкладке 81Н расположены уставки Защиты максимальной/минимальной частоты (ЗМЧ/Змч) (рис. 5.7).

В объеме данной лабораторной работы необходимо проверить срабатывание защиты максимальной частоты по одной ступени и защиту минимальной частоты по двум ступеням защит.

Параметры ступеней:

- Активировать ступени, устанавливая «галочку» на пересечении строки «Ступень 1» для ЗМЧ «Ступень 1», «Ступень 2» для Змч и столбца «Вкл.».
- Активировать работу на отключение выключателя, устанавливая аналогичным образом символ в столбце «Отключ.».
- Для первой ступени ЗМЧ Уставка по частоте – «53 Гц», Выдержка – «1 с», Параметры удержания не устанавливать.

- Для первой ступени ЗМЧ Уставка по частоте – «47 Гц» и Выдержка – «1 с», для второй – Уставка по частоте – «45 Гц» и Выдержка – «100 мс».
- В поле «Поведение при отключении» установить «галочку» на пересечении строк «Ступень 1» и «О3», «L8»; на пересечении строк «Ступень 2» и «O12», «L9».

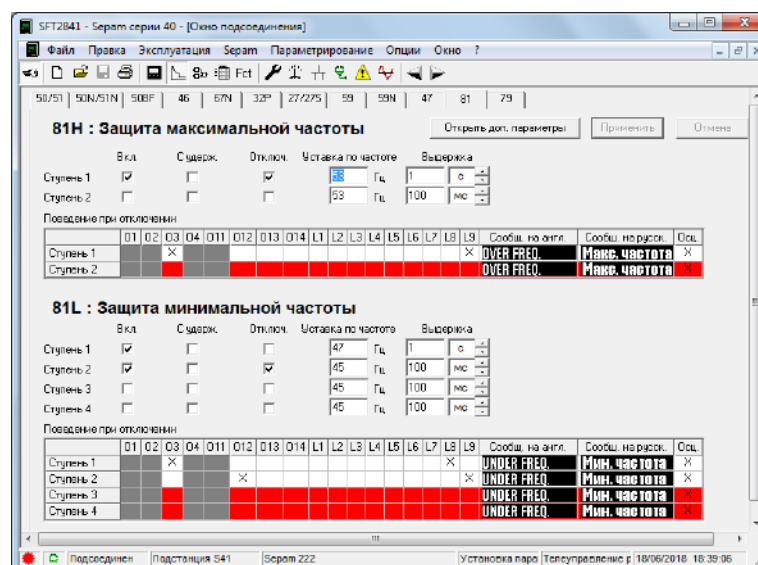
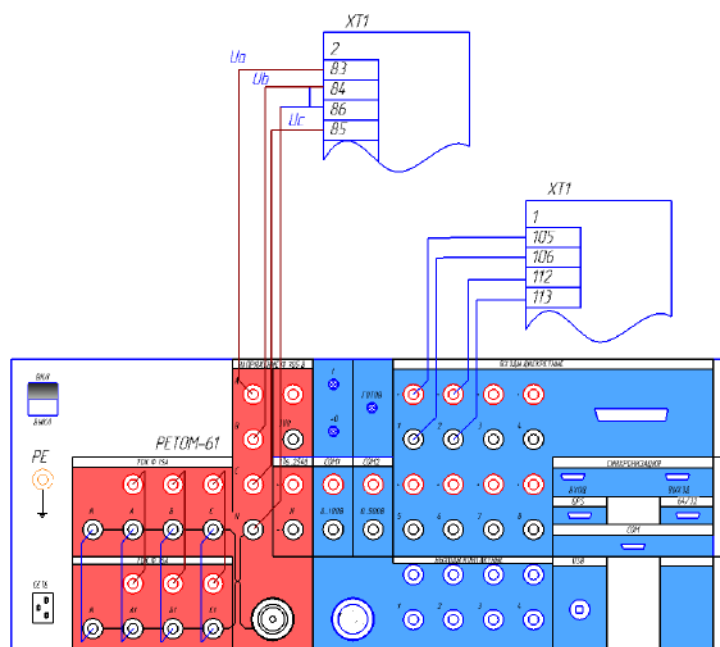


Рисунок 5.7 – Окно «81H уставки защиты максимальной/минимальной частоты»

ПО ОКОНЧАНИИ ВВОДА УСТАВОК НАЖАТЬ КНОПКУ «ПРИМЕНИТЬ»!!! Только после нажатия кнопки происходит обмен данными с терминалом защит и информация об уставках вносится в память устройства.

11. Произвести проверку действия терминала на параметрируемые уставки защит. Для этого подключить устройство РЕТОМ–61 в соответствии со схемой подключения (рис. 5.8).



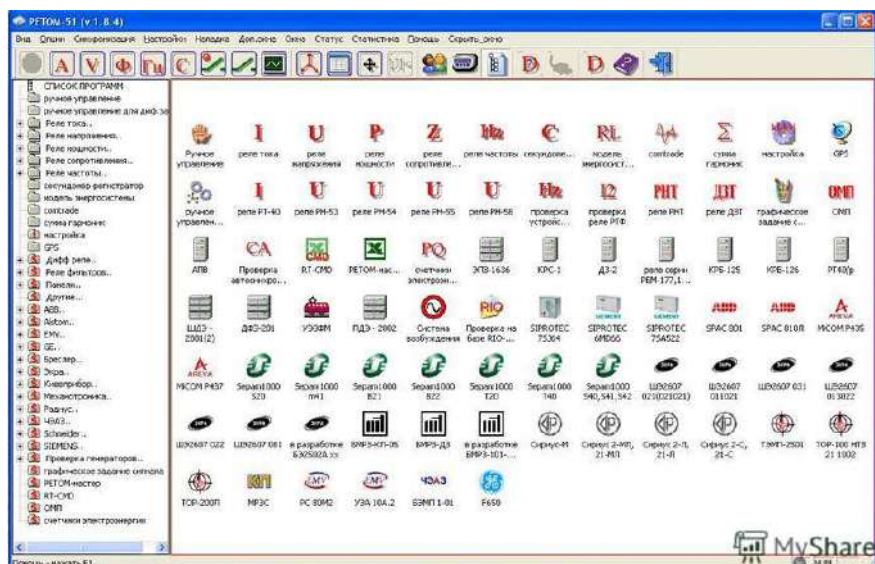


Рисунок 5.9 – Окно «РЕТОМ–61»

13. Подать питание на РЕТОМ–61 кнопкой включения на лицевой панели устройства и ожидать загорания сигнального светодиода «Готовность», который сигнализирует о готовности прибора к началу работы.

14. Провести проверку в ручном режиме, для этого необходимо выбрать ярлык «Ручное управление» (рис. 5.10).

В открывшемся окне программы (рисунок) в ручном режиме подать токи на проверяемое устройство.

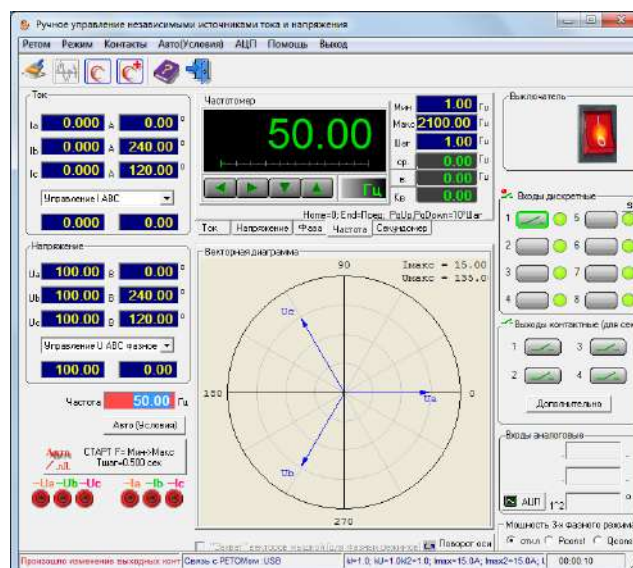


Рисунок 5.10 – Окно «Ручное управление»

Контроль срабатывания устройства производить в поле «Входы дискретные» по изменению цифровых светодиодов с зеленых на красные. Необходимо обратить внимание на тип контакта (НО или НЗ), он должен соответствовать контакту в терминале.

- В поле «Напряжение» в выпадающем меню выбрать «Управление UABC».
- В поле «Вольтметр» установить «Мин» – 100 В.
- В поле «Частотомер» установить «Шаг» – 1 Гц.

- Включить программу, активируя красную кнопку в правой верхней части. О подключении к прибору программы будет свидетельствовать характерный звук срабатывания реле.
- Постепенными нажатиями на стрелку влево или вправо в поле «Частотомер» необходимо довести значение тока до введенного значения уставки.
- При срабатывании реле производится щелчок РП–11 (отключается автоматический выключатель), на дисплее отображается сообщение «Макс./Мин. частота» и загорается светодиод L8, L9, в окне проверки «Ручное управление» в поле дискретных сигналов цвет цифрового светодиода меняется с зеленого на красный (рис. 5.11, 5.12, 5.13).

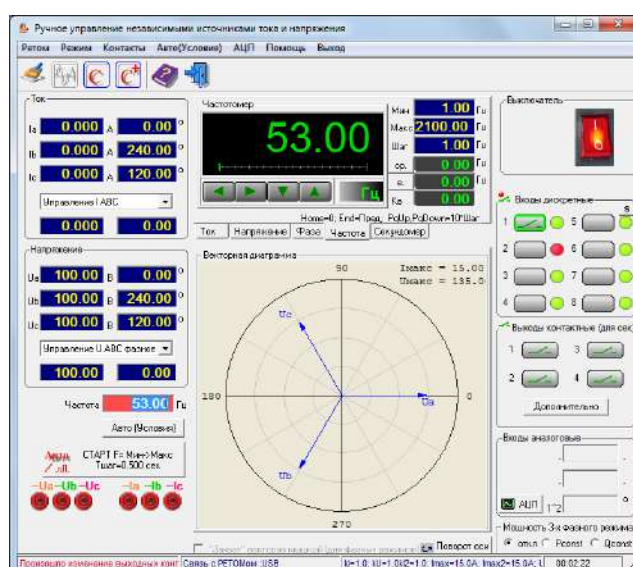


Рисунок 5.11 – Срабатывание первой ступени ЗМЧ в ручном режиме

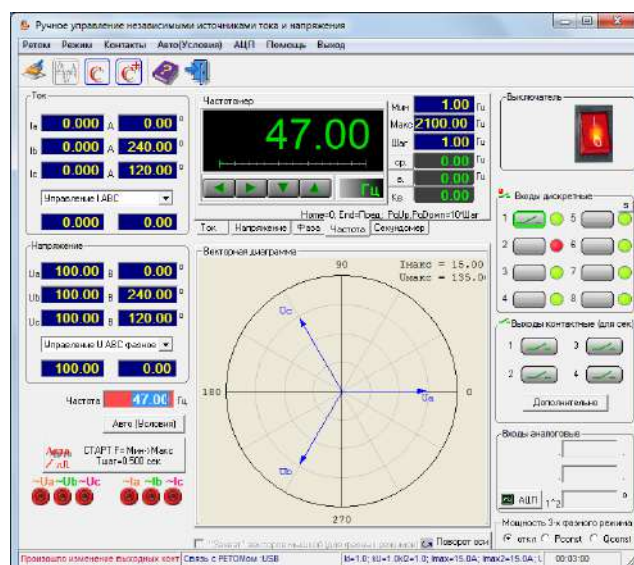


Рисунок 5.12 – Срабатывание первой ступени ЗМЧ в ручном режиме

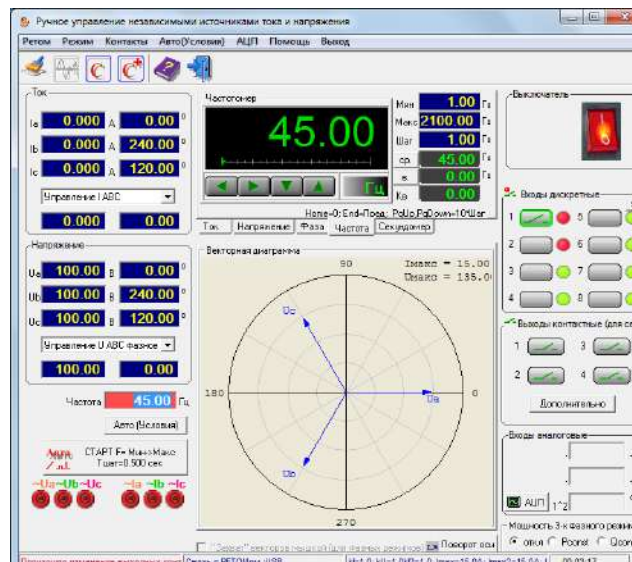


Рисунок 5.13 – Срабатывание первой и второй ступени ЗМЧ в ручном режиме

- При снижении значения частоты ниже уставки реле автоматически возвращается в исходное состояние.
- Определить значения: $F_{ср}$, $T_{ср}$, F_v , вычислить K_v реле.
- Перед отключением снизить напряжение в поле вольтметра до нулевого значения и отключить РЕТОМ–61 в окне программы, сквитировать сигнал о срабатывании на дисплейной панели или в программе SFT2841 в панели, обозначенной желтым треугольником, кнопками «сброс» и «очистить», вернуть силовой выключатель при помощи ключа управления SQ1 на лицевой панели стенда в рабочее положение.

15. Провести проверку реле в автоматическом режиме, для этого необходимо выбрать ярлык «Проверка реле частоты» (рис. 5.14, 5.15, 5.16) в окне программы «РЕТОМ61.exe».

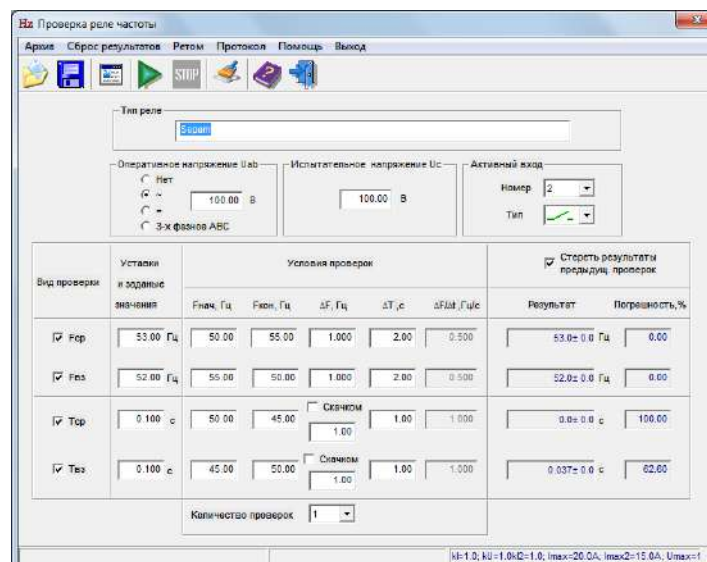


Рисунок 5.14 – Проверка уставок ЗМЧ в автоматическом режиме

- В текстовом поле программы Тип реле указать «Seram 40».
- Оперативное напряжение – ~ 100 В.
- Испытательное напряжение U_c – 100 В.
- Активный вход: Номер – 2, Тип – Открытый.
- В столбце Виды проверок установить все «галочки».

- Текстовые поля программы заполнить в соответствии с изображением, приложенным ниже.

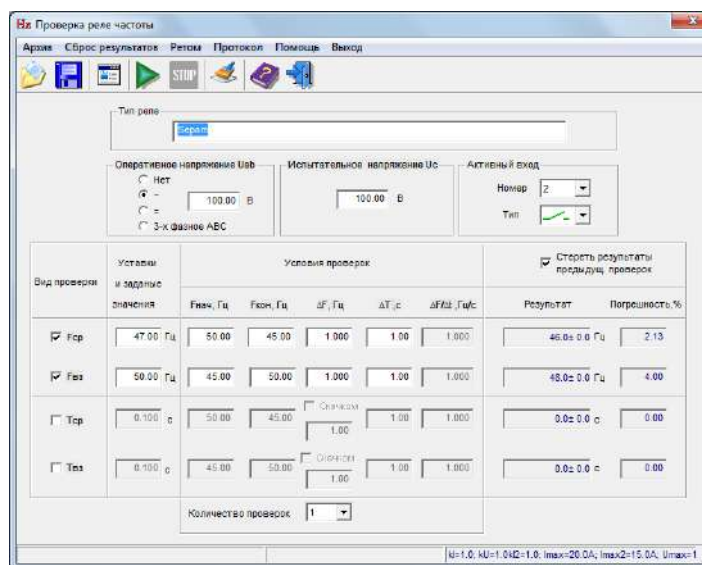


Рисунок 5.15 – Проверка уставок ЗМЧ первой ступени в автоматическом режиме

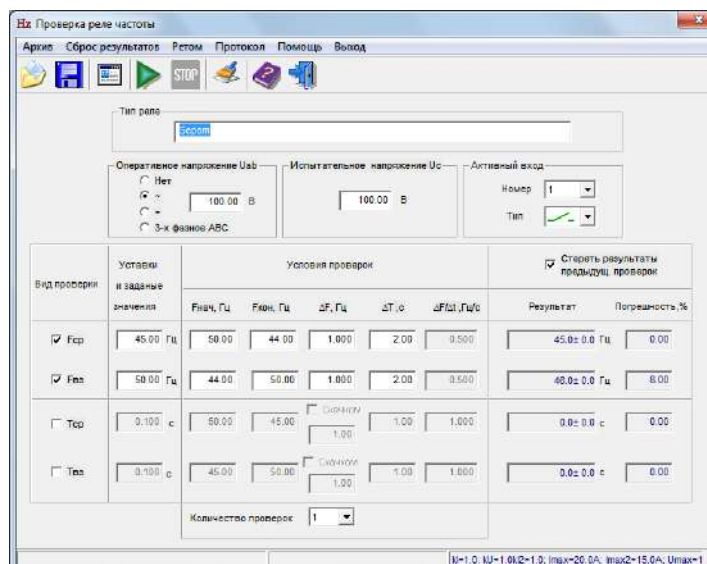


Рисунок 5.16 – Проверка уставок ЗМЧ второй ступени в автоматическом режиме

- Нажать «ОК» и в окне «Проверка реле частоты» нажать кнопку «Start», которая изображена в виде зеленого треугольника.
- В результате проверки все строки должны иметь синий текст и в поле «Результат» значение должно быть «Ок». Если результаты ошибочны, необходимо изменить условия проверки и отрегулировать уставки реле в терминале.
- Клавишей «PRTSC» на клавиатуре необходимо скопировать результаты уставок проверки и окна результатов для отчета. (Значения в столбце «Замер» отражают реальные значения работы защиты.)
- Сохранить результаты проверки в протокол в формате doc и включить их в отчет.
- Повторить эксперимент со второй ступенью защиты, устанавливая уставки проверки в соответствии с изображениями на рис. 5.15, 5.16.
- Результаты проверки терминала в ручном режиме и в автоматическом режиме занести в таблицу 5.1.

Таблица 5.1 – Результаты эксперимента

ЗМЧ/ЗмЧ	Еср, А	Тср, с	Ев, А	Тв, с	Кч
Проверка реле в ручном режиме					
Ступень 1					
Ступень 1					
Ступень 2					
Проверка реле в автоматическом режиме					
Ступень 1					
Ступень 1					
Ступень 2					

16. В окне программы SFT2841 перейти на вкладку «Запись осциллограмм» (рис. 5.17), выбрать из списка осциллограммы возникновения больших токов и нажатием на кнопку по стрелке выгрузить осциллограммы в папку с отчетом по работе.

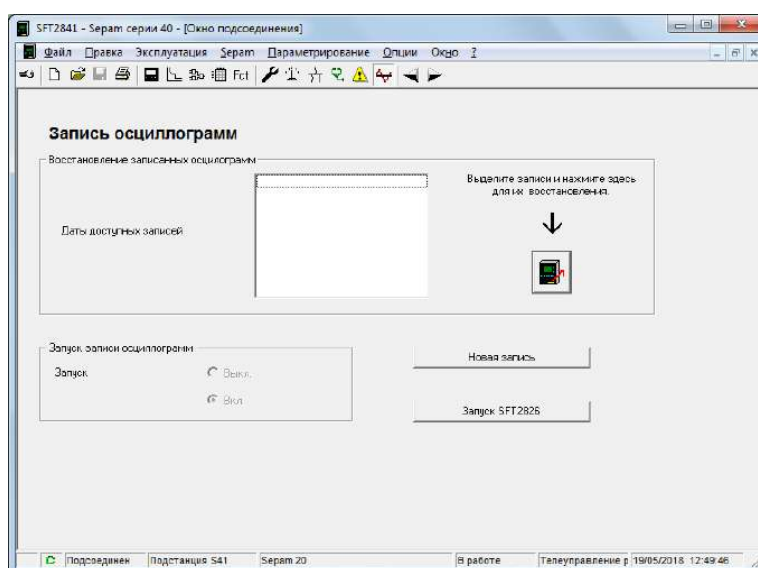


Рисунок 5.17 – Окно «Запись осциллограмм»

17. Открыть приложение FastView.exe, в меню программы выбрать пункт «Открыть» и выбрать сохраненные осциллограммы. Результаты должны быть подобны изображениям, приложенным ниже. Данные осциллограммы проанализировать и приложить к отчету по лабораторной работе (рис. 5.18, 5.19).

18. Заккрыть все активные приложения. Обесточить установку автоматическим выключателем SF1 и выключить РЕТОМ–61.

19. Оформить отчет по выполнению лабораторной работы, отразить информацию о введенных уставках в терминал Seram 40, результаты проверки работы защит в автоматическом и ручном режимах. Сделать выводы о проверке работы терминала в ручном и автоматическом режимах.

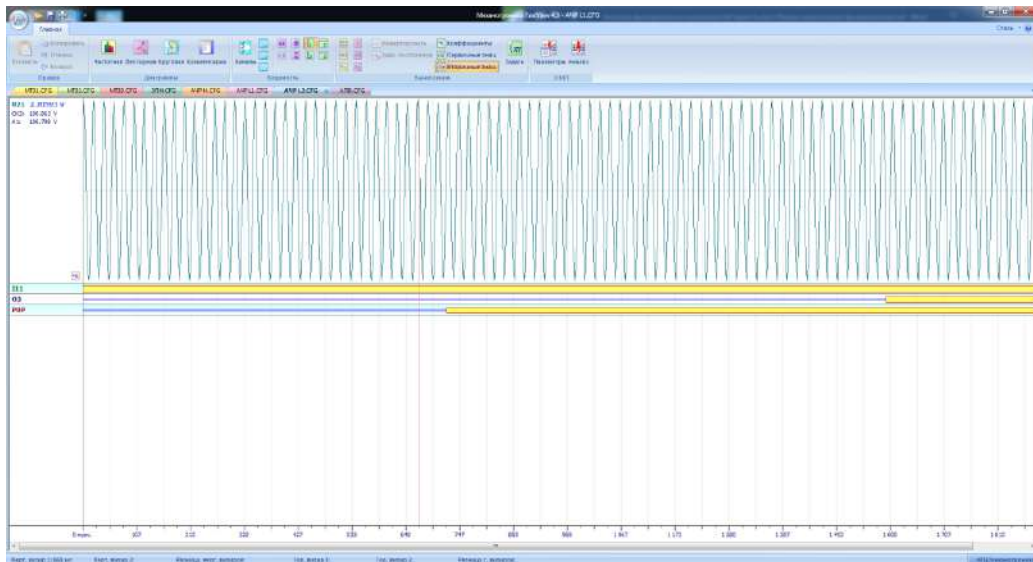


Рисунок 5.18 – Осциллограмма работы ЗМЧ первой ступени

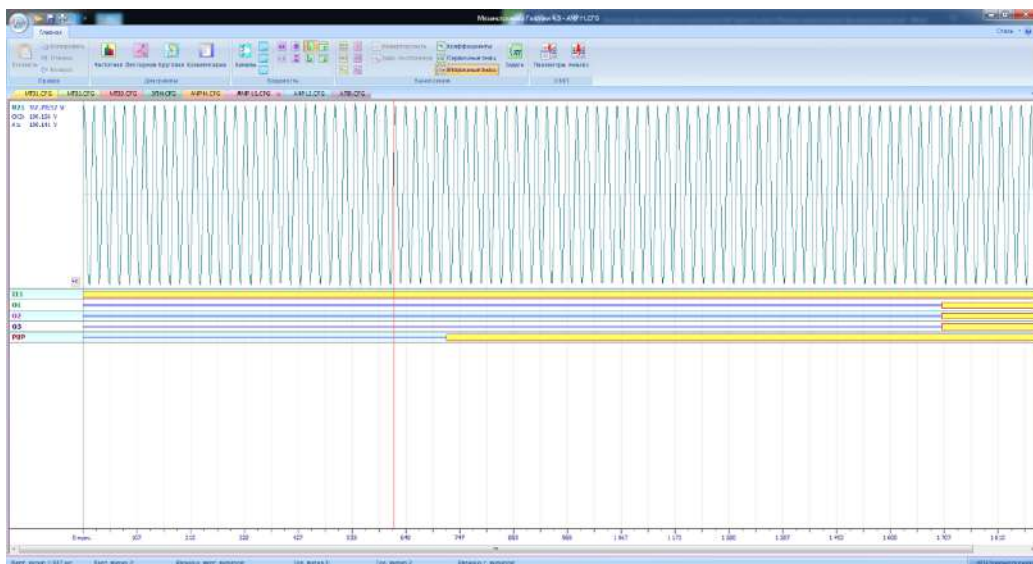


Рисунок 5.19 – Осциллограмма работы ЗМЧ второй ступени

Контрольные вопросы

1. Назначение устройств АЧР и АОПЧ.
2. Начертите функциональную схему работы защиты понижения частоты блока Seram 40.
3. Начертите функциональную схему работы защиты повышения частоты блока Seram 40.
4. Поясните последовательность срабатывания логической схемы защит от снижения и повышения частоты в блоке Seram 40.
5. Какие требования предъявляются к устройствам АЧР?
6. Сколько ступеней предусмотрено в блоке Seram 40 в защите максимальной/минимальной частоты? Почему?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6

Устройство резервирования отказа выключателя

Задание: выполнить настройку блока Seram 40 с установкой резервирования отказа выключателя. Удостовериться при помощи дисплея в результативности ввода уставок. При помощи РЕТОМ–61 выполнить проверку работы защит, заполнив соответствующие протоколы результатов работы.

Общие сведения

В работе систем электроснабжения возможно возникновение ситуаций, когда защитные устройства (выключатели) не могут или не способны в необходимый момент остановить разрушающее воздействие токов короткого замыкания.

Даже возможность возникновения таких событий уже влечет за собой необходимость поиска средств для снижения частоты таких событий, но в общем случае устройства автоматики позволяют отследить срабатывание выключателей во время повреждений, по истечении уставки самого выключателя, отправлять сигналы на отключение вышестоящих по схеме выключателей для прекращения действия аварийного режима.

Оборудование в системах электроснабжения выбирается исходя из устойчивости к термическим и динамическим воздействиям тока короткого замыкания, но оно не предусматривает длительное протекание таких токов. Это говорит о том, что такие режимы могут приводить к значительным авариям и нарушениям в нормальной работе электроснабжения.

Поэтому установка устройств резервирования является обязательным условием по обеспечению необходимой надежности и снижения величины потока отказов, позволяющим исключить последствия несрабатывания основного комплекта защит выключателя и прочего оборудования на том или ином узле.

Резервирование может осуществляться по двум принципам:

1. Дальнее резервирование – основные комплекты защит резервируются защитными устройствами, имеющимися на смежных участках электроустановки. В таком случае для защиты на смежном участке должны быть приняты меры с учетом уставок контроля параметров на резервируемом участке, и в соответствии с выдержкой времени отключить смежный выключатель по истечении времени срабатывания защит на резервируемом участке с добавлением некоторой отсрочки по времени [1].

2. Ближнее резервирование осуществляется силами оборудования в пределах электроустановки.

Проблемой применения дальнего резервирования является малая чувствительность и сложность обеспечения селективности в связи с протяженностью сетей и наличием кольцевых участков в схемах электроснабжения, поэтому в таких случаях привлекательнее применение ближнего резервирования.

В схемах релейной защиты это обеспечивается следующим образом: применяется два комплекта защит, и один является резервом для другого.

Механика работы резервирования осуществляется устройством, известным как устройство резервирования отказа выключателя (УРОВ). Пуск защиты осуществляется защитами поврежденного выключателя, которые должны отключать все присоединения, так или иначе питающие место короткого замыкания.

Алгоритм работы устройства следующий: по окончании выдержки времени основного устройства защиты выключателя запускается выдержка времени устройства УРОВ, и если за прошедший период времени замыкание не устранилось или основной комплект защиты так и не пришел в действие, то замыкается цепь защиты резервных устройств, и отключаются предшествующие присоединения, по которым осуществляется подпитка короткого замыкания.

Устройство резервирования не гарантирует работу отказавшего устройства, но за счет установки параллельного комплекта защит позволяет гарантировать отключение, даже если основной комплект защит не пришел в действие.

Основной и резервный комплекты защит должны иметь независимое питание и цепи управления и защиты, чтобы исключить взаимный отказ обоих комплектов защит.

Эти комплекты имеют отдельные:

- источники оперативного тока (ТТ);
- автоматические и ручные устройства защиты цепей (Q, F);
- исполнительные органы реле.

Устройство УРОВ работает по принципу ближнего резервирования. Ближнее резервирование позволяет получить преимущества в области селективности по сравнению с дальним резервированием.

Устройство УРОВ в Seram имеет многовариативную структуру, позволяющую обозначить различные условия приведения устройства автоматики в действие (рис. 6.1). Прежде всего, на входы подается один измерительный сигнал значения тока, превышающего значение уставки УРОВ, данный сигнал суммируется с сигналом, поступающим от основных действующих защит блока при приведении их в действие, кроме этого, имеется три программируемых логических входа, определяемых программируемой логикой блока и позволяющих создавать дополнительные условия для УРОВ. Также в схеме имеются выдержки времени и два выходных сигнала, один из которых действует на сигнализацию, а второй уходит на выходные реле [5].

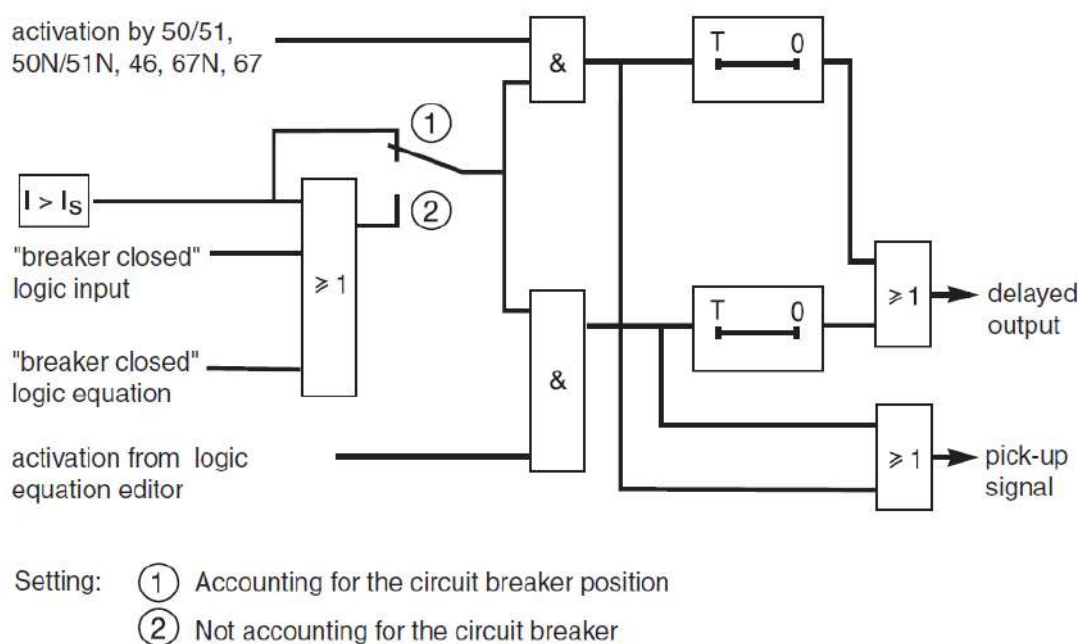



Рисунок 6.1 – Логическая схема работы УРОВ в Seram 40

Экспериментальная часть

1. Проверить состояние защитного заземления стенда.
2. Подать питание на стенд при помощи автоматического выключателя SF1, убедиться в наличии питания по индикации положения выключателя.
3. Убедиться в наличии питания по индикации блока Seram 40, дождаться полной загрузки устройства.
4. Привести персональный компьютер в рабочее состояние.

5. Подключить порт лицевой панели устройства Seram при помощи кабеля COM-USB к USB-порту персонального компьютера.
6. Запустить приложение SFT2841, в окне программы нажать кнопку  (рис. 6.2).

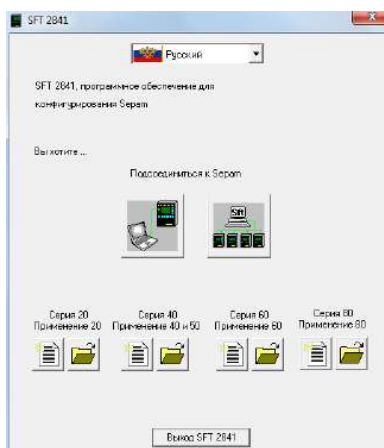


Рисунок 6.2 – Окно «SFT–2841»

7. Открыть вкладку «Конфигурация Seram» (рис. 6.3). В данной работе используется расширительный модуль MES114, следует установить «галочку» напротив. Обозначить название блока, например, «Seram 40». Модель блока выбрать «MD» (со встроенным дисплеем). В текстовом поле «Тип Seram» указать тип – УРОВ.

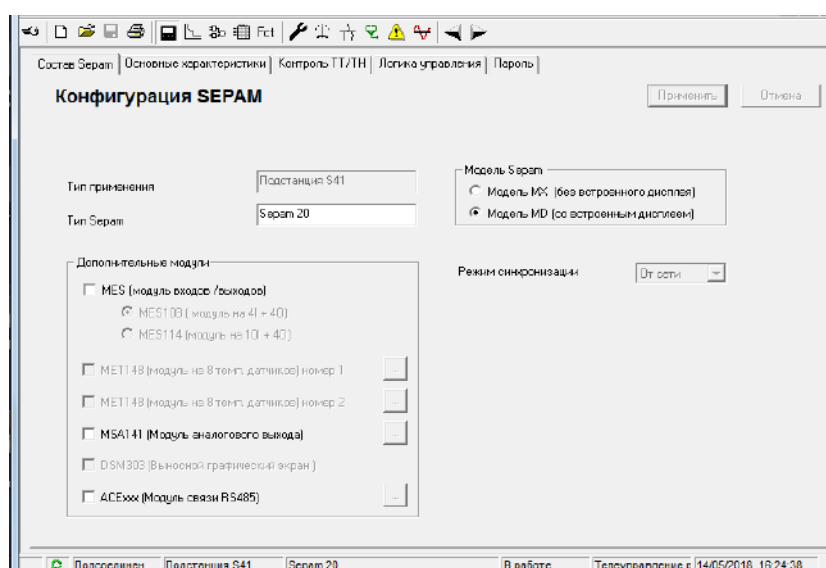


Рисунок 6.3 – Окно «Конфигурация Seram»

8. Выбрать вкладку «Основные характеристики» (рис. 6.4). Установить в поле «Частота сети» частоту – 50 Гц. В поле «Выбор активной группы» выбрать – «Группа уставок А». «Телеуправление» установить – нет. В поле «Рабочий язык Seram» выбрать – «Русский». В поле «Ввод/фидер» выбрать – «фидер».

В поле «Трансформаторы тока» установить следующие показатели:

- номинал тока – ТТ 5 А;
- число трансформаторов тока – I1, I2, I3;
- номинальный первичный ток – 5 А;
- базовый ток – 5 А.

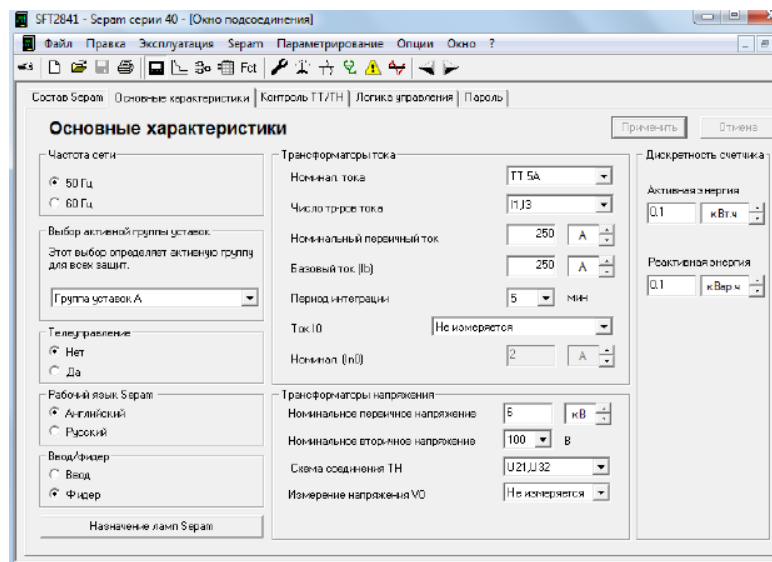


Рисунок 6.4 – Окно «Основныe характеристики»

9. На вкладке «Логика управления» (рис. 6.5) в поле «Параметрирование выходных реле» установить «O12» Испол. – да.

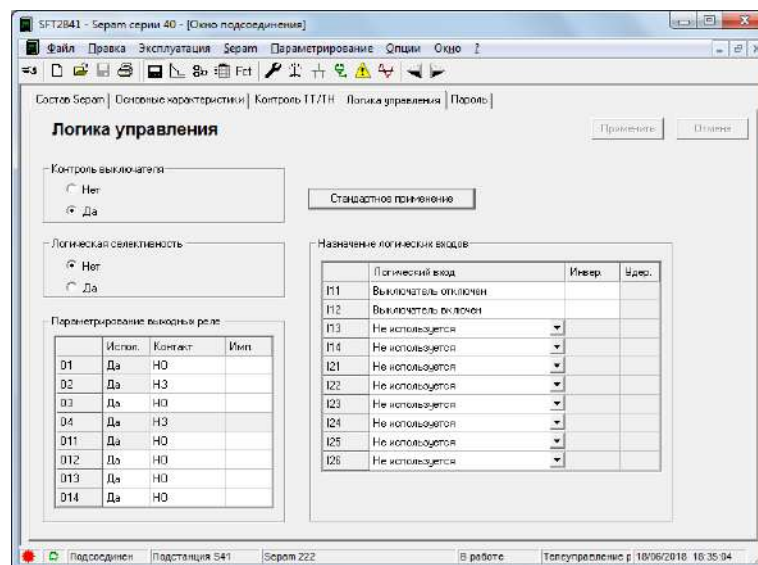



Рисунок 6.5 – Окно «Логика управления»

10. На иконке  панели инструментов расположены параметры уставок, на вкладке 50BF расположены уставки устройства резервирования основного выключателя (рис. 6.6).

В объеме данной лабораторной работы необходимо проверить срабатывание защит по одной ступени.

Установить параметры:

- Активировать ступень, устанавливая «галочку» на пересечении строки «Ступень 1» и столбца «Вкл.».
- Ток уставки – «1 А», Выдержка – «3 с», Параметры удержания не устанавливать.
- В поле «Поведение при отключении» установить «галочку» на пересечении строки «Ступень 1» и столбца «O3».

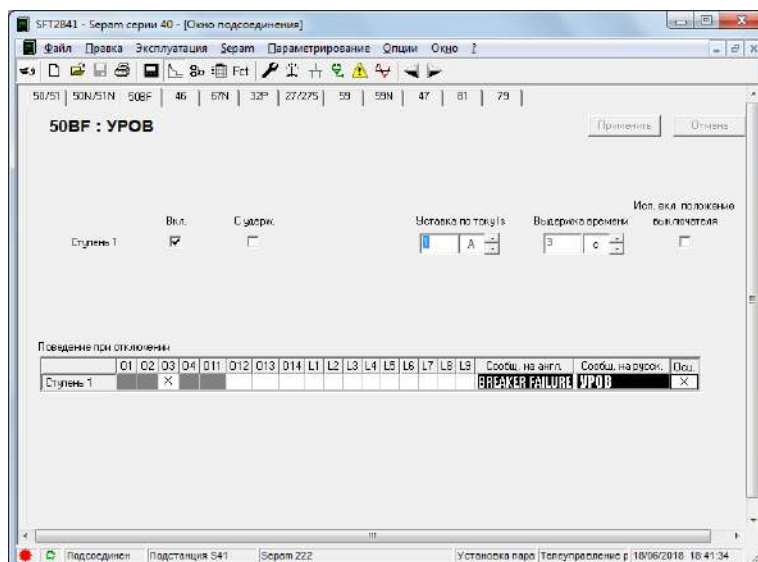


Рисунок 6.6 – Окно «50BF уставки устройства резервирования отказа выключателя»

ПО ОКОНЧАНИИ ВВОДА УСТАВОК НАЖАТЬ КНОПКУ «ПРИМЕНИТЬ»!!! Только после нажатия кнопки происходит обмен данными с терминалом защит и информация об уставках вносится в память устройства.

11. Произвести проверку действия терминала на параметрируемые уставки защит. Для этого подключить устройство РЕТОМ–61 в соответствии со схемой подключения (рис. 6.7).

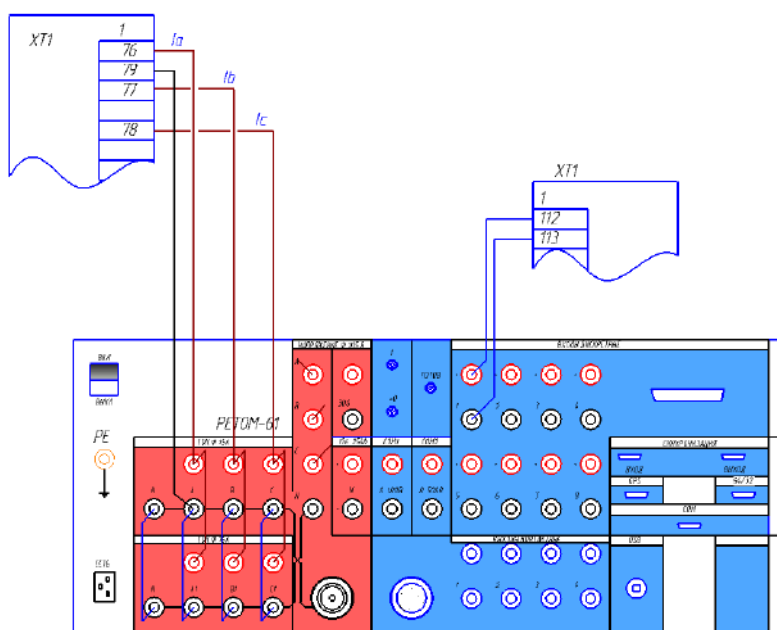


Рисунок 6.7 – Схема подключения токовых и дискретных цепей РЕТОМ–61 к блоку Seram 40

12. Запустить приложение «РЕТОМ.exe» от имени администратора (рис. 6.8).

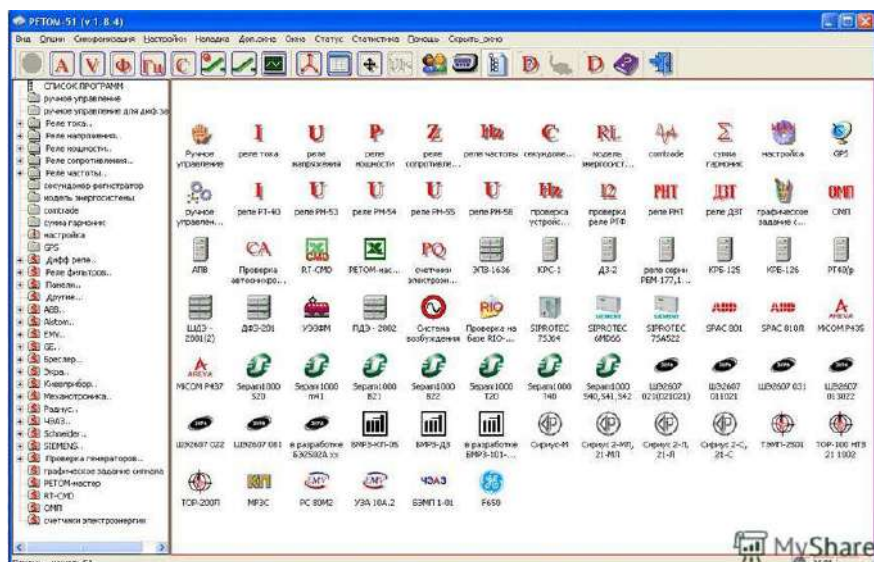


Рисунок 6.8 – Окно «РЕТОМ-61»

13. Подать питание на РЕТОМ–61 кнопкой включения на лицевой панели устройства и ожидать загорания сигнального светодиода «Готовность», который сигнализирует о готовности прибора к началу работы.

14. Провести проверку в ручном режиме, для этого необходимо выбрать ярлык «Ручное управление».

В открывшемся окне программы (рис. 6.9) можно в ручном режиме подавать токи на проверяемое устройство.

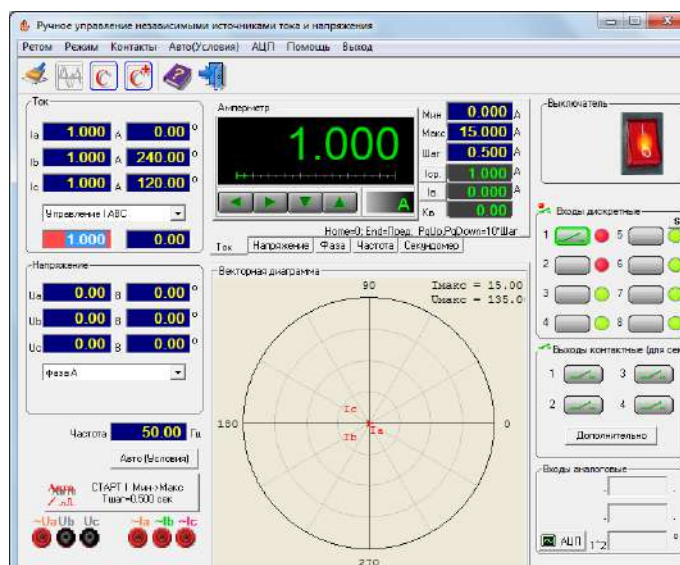


Рисунок 6.9 – Окно «Ручное управление»

Контроль срабатывания устройства производится в поле «Входы дискретные» по изменению цвета цифровых светодиодов с зеленого на красный. Необходимо обратить внимание на тип контакта (НО или НЗ), он должен соответствовать контакту в терминале.

- В поле «Ток» в выпадающем меню выбрать «Управление IABC».
- В поле «Амперметр» установить «Шаг» – 0,5 А.
- Отключить выключатель переключателем SQ1 на лицевой панели стенда, об отключенном положении будет сигнализировать красный светодиод.

- Включить программу, активируя красную кнопку в правой верхней части. О подключении к прибору программы будет свидетельствовать характерный звук срабатывания реле.
 - Постепенными нажатиями на стрелку влево или вправо в поле «Амперметр» необходимо довести значение тока до значения параметрируемой уставки.
 - В данной работе мы моделируем отказ основного выключателя, поэтому он изначально находится в отключенном положении, блок Seram после неудачной попытки отключить выключатель повторно отправляет сигнал на срабатывания УРОВ.
 - При снижении значения тока ниже уставки реле автоматически возвращается в исходное состояние.
 - Определить значения: $I_{ср}$, $T_{ср}$, I_v , вычислить K_v реле.
 - Перед отключением снизить ток в поле амперметра до нулевого значения и отключить РЕТОМ–61 в окне программы. Сквитировать сигнал о срабатывании на дисплейной панели или в программе SFT2841 в панели, обозначенной желтым треугольником, кнопками «сброс» и «очистить». Вернуть силовой выключатель при помощи ключа управления SQ1 на лицевой панели стенда в рабочее положение.
15. В окне программы SFT2841 перейти на вкладку «Запись осциллограмм» (рис. 6.10), выбрать из списка осциллограммы возникновения больших токов и нажатием на кнопку по стрелке выгрузить осциллограммы в папку с отчетом по работе.

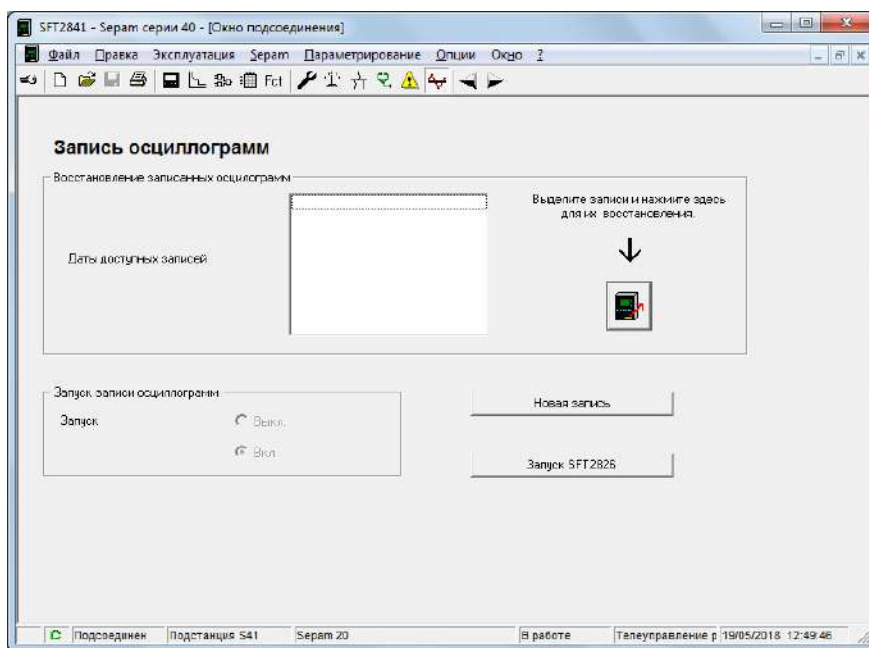


Рисунок 6.10 –Окно «Запись осциллограмм»

16. Открыть приложение FastView.exe, в меню программы выбрать пункт «Открыть» и выбрать сохраненные осциллограммы, результаты должны быть подобны изображениям, приложенным ниже (рис. 6.11). Данные осциллограммы проанализировать и приложить к отчету по лабораторной работе.

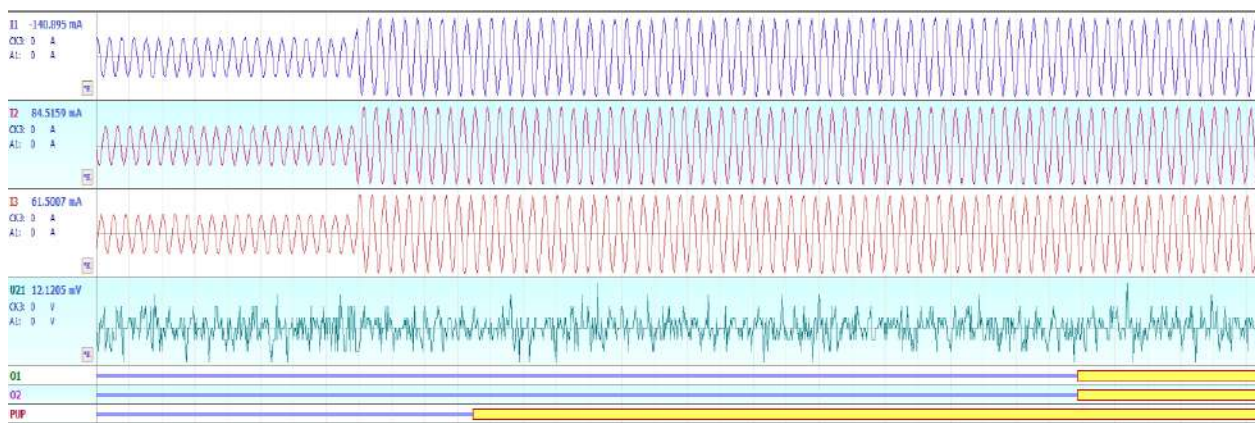


Рисунок 6.11– Осциллограммы срабатывания устройства

17. Закрывать все активные приложения. Обесточить установку автоматическим выключателем SF1 и выключить РЕТОМ–61.

18. Оформить отчет по выполнению лабораторной работы, отразить информацию о внесенных уставках в терминал Seram 40, результаты проверки работы защит в автоматическом и ручном режимах. Сделать выводы о проверке работы терминала в ручном и автоматическом режимах.

Контрольные вопросы

1. Назначение УРОВ.
2. Начертите функциональную схему работы УРОВ Seram 40.
3. Поясните последовательность срабатывания логической схемы УРОВ в блоке Seram 40.
4. Какие требования предъявляются к УРОВ?
5. От чего зависит время срабатывания УРОВ?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 7

Автоматическое повторное включение

Задание: выполнить настройку блока Sepam 40 с установкой автоматического повторного включения. Удостовериться при помощи дисплея в результативности ввода уставок. При помощи РЕТОМ–61 выполнить проверку работы защит, заполнив соответствующие протоколы результатов работы.

Общие сведения

Значительный простой в работе оборудования возникает вследствие ложного срабатывания релейной защиты, вызванного неустойчивыми повреждениями в электрической сети.

Таковыми повреждениями считаются самоустраняющиеся КЗ, так как они способны самоликвидироваться при снятии напряжения вследствие работы защиты.

Большинство повреждений на линиях электропередач являются неустойчивыми, в связи с большой протяженностью сетей и разветвленностью их доля в общей работе системы электроснабжения достигает $> 50\%$.

Причинами возникновения повреждений могут стать:

- пробой изоляции от грозовых и других перенапряжений;
- искусственное замыкание проводов, вследствие вандальных действий;
- замыкание вследствие ветровых порывов;
- иные факторы.

Для обеспечения включения после обесточивания защитой используются средства автоматики, обеспечивающие повторное включение – устройства автоматического повторного включения (АПВ).

В процессе работы АПВ может быть успешным и неуспешным.

Успешное АПВ – то, после срабатывания которого система возвращается к нормальному режиму работы.

Кроме неустойчивых повреждений в работе линий электропередач могут возникать и устойчивые повреждения, которые продолжают действовать вне зависимости от времени обесточивания электрооборудования и требуют непосредственного вмешательства оперативно-ремонтного персонала. В случае таких повреждений после срабатывания защиты устройство АПВ вновь включит линию на повреждение и АПВ оказывается неуспешным.

Очень важно обеспечивать однократное срабатывание устройств АПВ, так как повторное срабатывание негативно влияет на работу оборудования из-за множественных коммутационных перегрузок. Может применяться двукратное АПВ в случае необходимости обеспечения селективности или увеличения надежности на тупиковых подстанциях [4].

Устройства АПВ должны работать в комплексе с устройствами релейной защиты, тем самым можно достичь меньшего времени работы защит, а также увеличить надежность схемы электроснабжения. При наличии систем АПВ иногда можно полностью игнорировать временные уставки защит, обеспечив условия селективности при помощи повторного включения нормально работающих линий после отключения поврежденного участка.

Имеются два вида ускорения для работы релейной защиты:

- перед АПВ;
- после АПВ.

Ускорение перед АПВ: изначально при повреждении обесточиваются все отходящие линии и при помощи устройства АПВ все нормально работающие вновь включаются в сеть.

Ускорение после АПВ: в первую очередь производится отключение участка с коротким замыканием, в соответствии с необходимой селективностью, но после этого выдержка времени АПВ уменьшается. Когда системе не удалось восстановиться после повреждения, защиты отработывают повторно, исключая уставку по времени. При успешной работе

АПВ ускорение защиты отключается, и в дальнейшем работа АПВ будет происходить в нормальном режиме, с установленными выдержками времени [1].


Наличие нескольких источников питания и угроза их синхронной работе вносят особенности в отключение линий. В таких случаях возникают дополнительные сложности одновременного отключения линии с обеих сторон. Эта особенность устанавливает необходимость иметь два комплекта АПВ: в начале и конце линии.

Чтобы исключить множественное включение от разных устройств линии на устойчивое повреждение на разных сторонах линии, необходимо включать выключатели в два этапа:

1. Пробное включение линии производится только с одной стороны (Контроль отсутствия напряжения).
2. При нормальной работе автоматики на первом этапе пускается второй комплект (Контроль наличия напряжения).

Однако существуют ситуации, когда значительное количество ответственных электродвигателей значительно больше определённого максимально возможного значения, тогда следует предпринимать мероприятия по ограничению влияния от снижения напряжения при помощи отключения части ответственных электродвигателей. В таком случае после восстановления номинального режима и выхода остальных, продолжающих работу, двигателей вновь на режим, через заданную уставку времени при помощи устройств плавного пуска, происходит запуск отключенных двигателей обратно.

Экспериментальная часть

1. Проверить состояние защитного заземления стенда.
2. Подать питание на стенд при помощи автоматического выключателя SF1, убедиться в наличии питания по индикации положения выключателя.
3. Убедиться в наличии питания по индикации блока Seram 40, дождаться полной загрузки устройства.
4. Привести персональный компьютер в рабочее состояние.
5. Подключить порт лицевой панели устройства Seram при помощи кабеля COM-USB к USB-порту персонального компьютера.
6. Запустить приложение SFT2841, в окне программы (рис. 7.1) нажать кнопку .

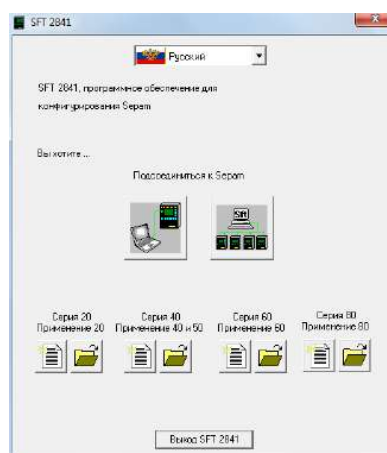


Рисунок 7.1 – Окно «SFT2841»

7. Открыть вкладку «Конфигурация Seram» (рис. 7.2). В данной работе используется расширительный модуль MES114, следует установить «галочку» напротив. Обозначить название блока, например, «Seram 40». Модель блока выбрать «MD» (со встроенным дисплеем). В текстовом поле «Тип Seram» указать тип – АПВ.

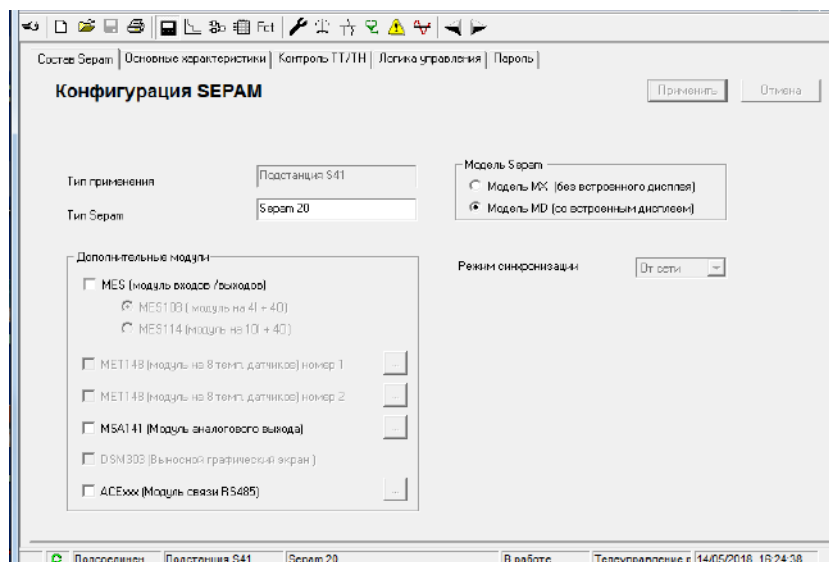


Рисунок 7.2 – Окно «Конфигурация SEPAM»

8. Выбрать вкладку «Основные характеристики» (рис. 7.3). Установить в поле «Частота сети» частоту – 50 Гц. В поле «Выбор активной группы» выбрать – «Группа уставок А». «Телеуправление» установить – нет. В поле «Рабочий язык SEPAM» выбрать – «Русский». В поле «Ввод/фидер» выбрать – «фидер».

В поле «Трансформаторы тока» установить следующие показатели:

- номинал тока – ТТ 5А;
- число трансформаторов тока – I1, I2, I3;
- номинальный первичный ток – 250 А;
- базовый ток – 250 А.

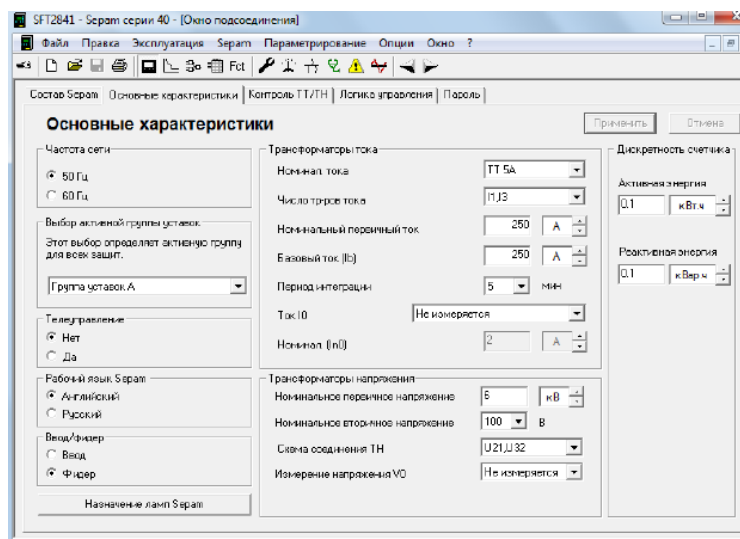



Рисунок 7.3 – Окно «Основные характеристики»

9. На иконке  панели инструментов расположены параметры уставок, на вкладке 50/51 ввести уставки:

- Активировать ступени, устанавливая «галочку» на пересечении строки «Ступень 1» и столбца «Вкл.».
- Активировать работу на отключение выключателя, устанавливая аналогичным образом символ в столбце «Отключ.».

- В поле «Группа А» для первой ступени выбрать характеристику срабатывания: кривая отключения «Независимая», Ток уставки – «4 А», Выдержка – «0 с».
10. На вкладке 79 расположены уставки автоматики повторного включения (АПВ) (рис. 7.4).
- В поле «Состояние» выбрать «Введено».
 - Число циклов АПВ установить равное одному.
 - В поле «Выдержки»: «Время ожидания» – 5 с, остальные выдержки оставить 10 с.
 - В поле «Запуск цикла» установить на пересечении 50/51–1 и цикл 1 значение «С выдержкой времени».
 - В матрице управления назначить выходное реле АПВ реле «О3», установив «крестик» на пересечении 79 и «О3».

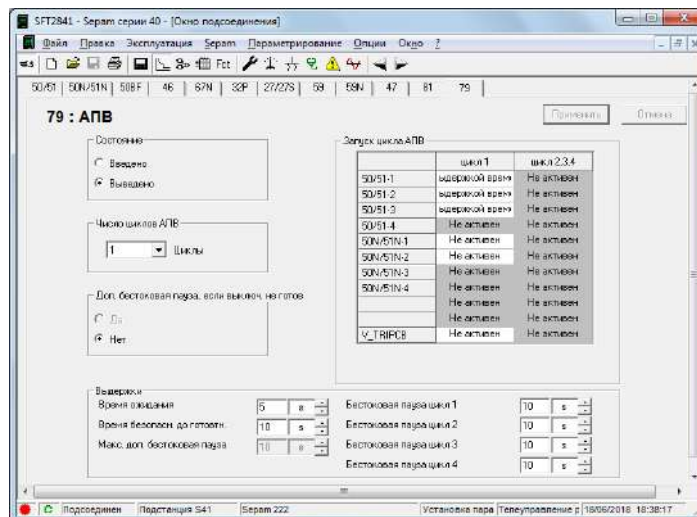
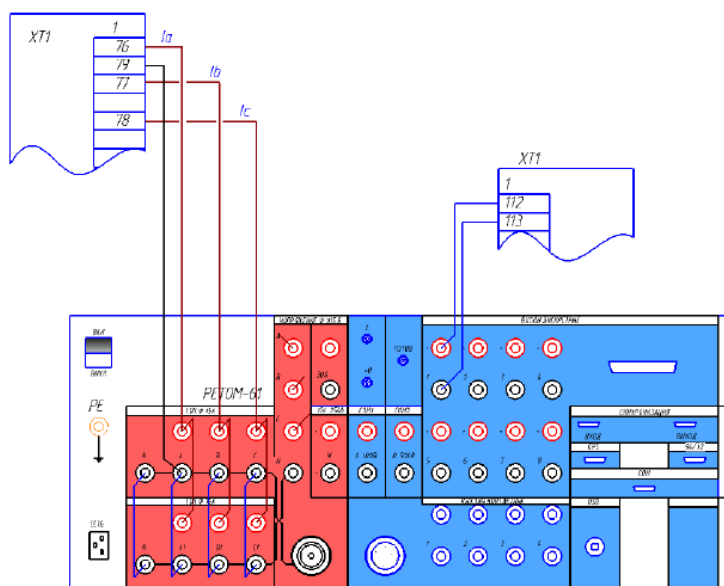


Рисунок 7.4 – Окно «79 уставки автоматики повторного включения»

ПО ОКОНЧАНИИ ВВОДА УСТАВОК НАЖАТЬ КНОПКУ «ПРИМЕНИТЬ»!!! Только после нажатия кнопки происходит обмен данными с терминалом защит и информация об уставках вносится в память устройства.

11. Произвести проверку действия терминала на параметрируемые уставки защит. Для этого подключить устройство РЕТОМ–61 в соответствии со схемой подключения (рис.7.5).



12. Запустить приложение «РЕТОМ.exe» от имени администратора (рис. 7.6).



14. Провести проверку в ручном режиме, для этого необходимо выбрать ярлык «Ручное управление».

В открывшемся окне программы (рис. 7.7) можно в ручном режиме подавать токи на проверяемое устройство.



- В поле «Ток» в выпадающем меню выбрать «Управление IABC».

- В поле «Амперметр» установить «Шаг» – 1 А.
- Включить программу, активируя красную кнопку в правой верхней части. О подключении к прибору программы будет свидетельствовать характерный звук срабатывания реле.
- Постепенными нажатиями на стрелку влево или вправо в поле «Амперметр» необходимо довести значение тока до значения параметрируемой уставки.
- При срабатывании реле производится щелчок РП–11 (отключается автоматический выключатель), на дисплейной панели отображается сообщение «МТЗ» и загорается светодиод L1, в окне проверки «Ручное управление» в поле дискретных сигналов цвет цифрового светодиода меняется с зеленого на красный.
- После срабатывания выключателя от защиты автомата проверяет на устойчивость режим короткого замыкания при помощи заданной выдержки времени, по окончании которой подается сигнал на включение выключателя, и если замыкание самоустранилось, система продолжает нормальную работу.
- Перед отключением снизить ток в поле амперметра до нулевого значения и отключить РЕТОМ–61 в окне программы, сквитировать сигнал о срабатывании на дисплейной панели или в программе SFT2841 в панели, обозначенной желтым треугольником, кнопками «сброс» и «очистить», вернуть силовой выключатель при помощи ключа управления SQ1 на лицевой панели стенда в рабочее положение.
- Клавишей «PRTSC» на клавиатуре необходимо скопировать результаты уставок проверки и окна результатов для отчета.

15. В окне программы SFT2841 перейти на вкладку «Запись осциллограмм» (рис. 7.8), выбрать из списка осциллограммы возникновения больших токов и нажатием на кнопку по стрелке выгрузить осциллограммы в папку с отчетом по работе.

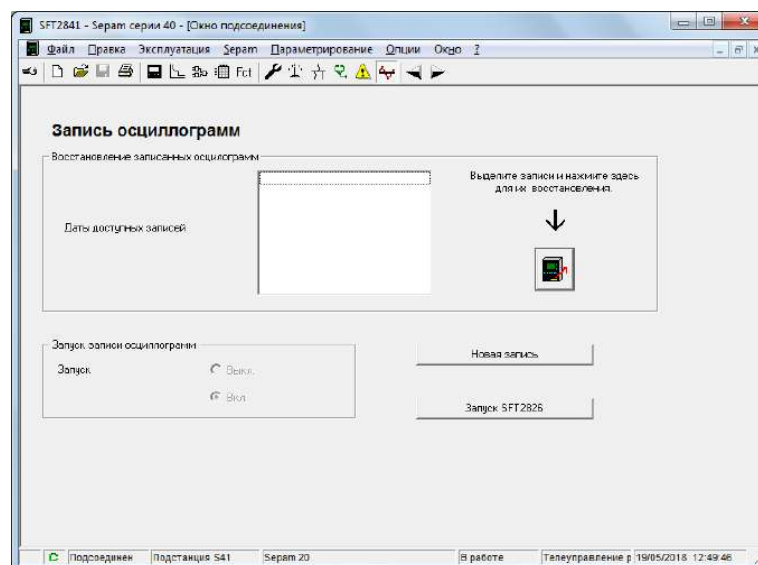


Рисунок 7.8 – Окно «Запись осциллограмм»

16. Открыть приложение FastView.exe, в меню программы выбрать пункт «Открыть» и выбрать сохраненные осциллограммы, результаты должны быть подобны приложенным изображениям (рис. 7.9). Данные осциллограммы проанализировать и приложить к отчету по лабораторной работе.



Рисунок 7.9 – Осциллограмма срабатывания устройства автоматического повторного включения

Контрольные вопросы

1. Назначение АПВ.
2. Начертите функциональную схему работы АПВ Seram 40.
3. Какие требования предъявляются к АПВ?
4. Особенности АПВ ЛЭП с двусторонним питанием.
5. Ускорение АПВ.
6. Разновидности устройств синхронизма при АПВ ЛЭП с двусторонним питанием.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 8


Параметрирование уставок защит в соответствии с заданной картой уставок

Задание: выполнить настройку блока Seram 40 с вводом уставок для отходящей линии электропередач в соответствии с картой уставок. Удостовериться при помощи дисплейной панели в результативности ввода уставок. При помощи РЕТОМ–61 выполнить проверку работы защит, заполнив соответствующие протоколы результатов работы.

Общие сведения

Микропроцессорный блок представляет собой комплексное устройство защиты, которое обеспечивает контроль за нормальным режимом работы оборудования в соответствии с заданными уставками. Процессом параметрирования блоков микропроцессорной релейной защиты называется установка необходимых параметров в соответствии с техническим документом, называемым «Карта уставок». Данный документ установленного образца содержит в себе информацию о всех необходимых параметрах, которые вносятся в работу блока. Документ изначально составляется организацией, разрабатывающей схему работы РЗА, и в дальнейшем в процессе работы редактируется и поверяется службами РЗА, обслуживающими данное оборудование. Карта уставок содержит в себе информацию об общей схеме организации сетей РЗА на объекте, об оборудовании, устанавливаемом на объекте защит, о видах релейной защиты и уставках, обеспечивающих безопасную работу оборудования. В карте уставок указываются особенности работы средств автоматики и особенности работы логических устройств. Лабораторная работа рассматривает параметрирование защит на защищаемом присоединении. В данной работе рассмотрено параметрирование защит для отходящей линии, в соответствии с приведенной картой уставок.

Ход работы:

1. Проверить состояние защитного заземления стенда.
2. Подать питание на стенд при помощи автоматического выключателя SF1, убедиться в наличии питания по индикации положения выключателя.
3. Убедиться в наличии питания по индикации блока Seram 40, дождаться полной загрузки устройства.
4. Привести персональный компьютер в рабочее состояние.
5. Подключить порт лицевой панели устройства Seram при помощи кабеля COM-USB к USB-порту персонального компьютера.
6. Запустить приложение SFT2841, в окне программы нажать кнопку  (рис. 8.1).

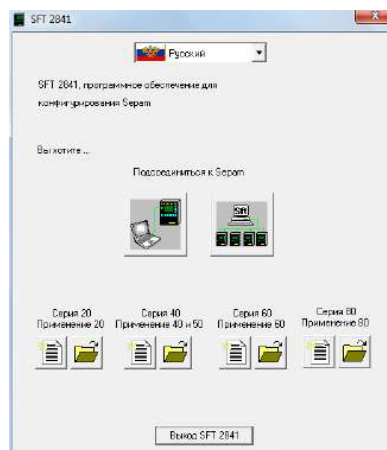


Рисунок 8.1 – Окно «SFT2841»

7. Открыть вкладку «Конфигурация Seram» (рис. 8.2), на данной вкладке расположена информация по типу модели блока, устанавливаемых модулях. К блоку на обратной панели подключен расширительный модуль MES114, который необходимо активировать, установив «галочку» напротив него. Обозначить название блока, например, «Seram Отходящая линия», в разделе «Модель» выбрать тип MD.

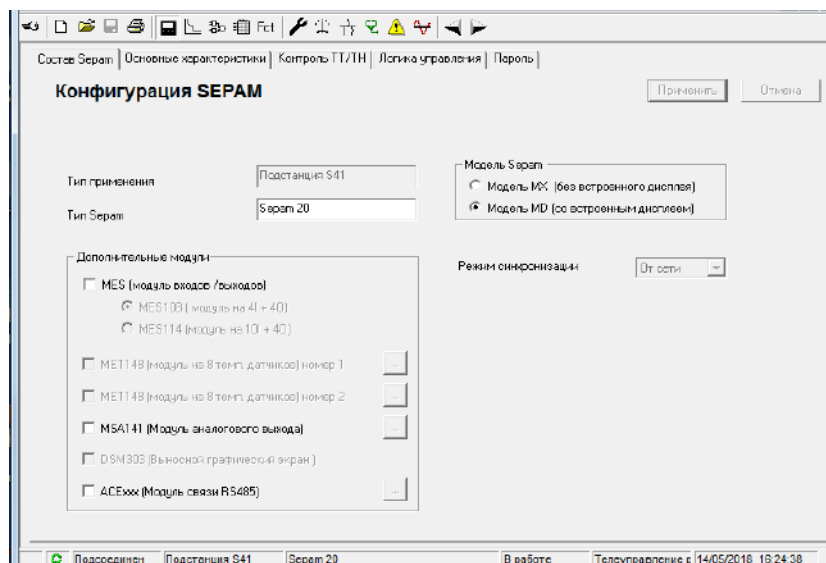


Рисунок 8.2 – Окно «Конфигурация Seram»

8. На вкладке «Основные характеристики» выбрать следующие показатели (рис. 8.3):
- Частоту сети установить 50 Гц.
 - Активную группу установить – группа А.
 - Телеуправление в данной работе отсутствует.
 - Рабочий язык Seram «русский».
 - В разделе Ввод/фидер установить «фидер».
 - В разделе «Трансформаторы тока»:
 - Номинал тока установить ТТ 5 А;
 - Число трансформаторов тока: I1, I3;
 - Номинальный первичный ток выбрать в соответствии с первичным номинальным током ТТ: 5 А;
 - Базовый ток для упрощения пересчетов установить аналогично номинальному току 5 А;
 - Период интеграции 5 мин;
 - Ток I0 выбрать – 2 А.
 - В разделе «Трансформаторы напряжения»:
 - Номинальное первичное напряжение установить 6 кВ;
 - Номинальное вторичное напряжение 100 В;
 - Схема соединения ТН U21, U32;
 - Измерение напряжения V0 «Не измеряется».
 - Раздел «Дискретность счетчиков» оставить с исходными параметрами.

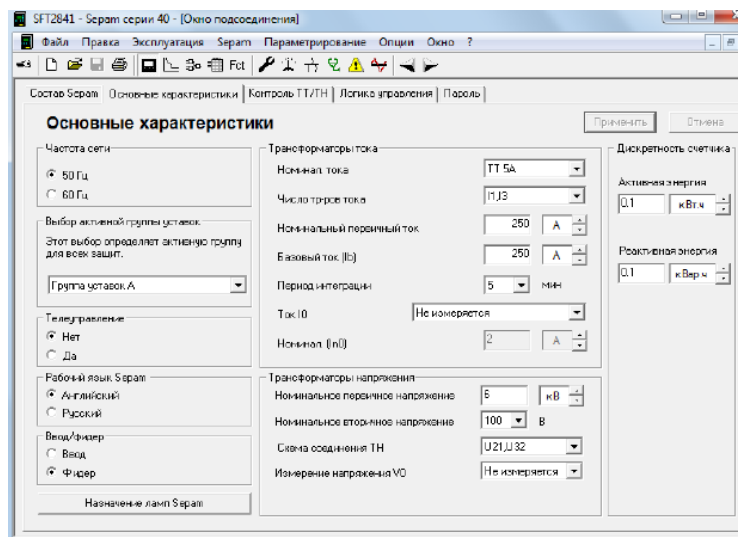


Рисунок 8.3 – Окно «Основные характеристики»

9. На вкладке «Контроль ТТ/ТН» (рис. 8.4):

- В разделе «Контроль ТТ» установить «галочку», активируя его выдержку времени увеличиваем до 500 мс.
- Поведение 46/51N/32P/32Q переключить в режим блокировки, чтобы исключить ложные срабатывания защит вследствие нарушения цепей оперативного тока.
- В разделе «Контроль трансформатора напряжения» активировать функцию защит.
- Установить контроль при частичной потере – в положение «нет», при полной потере – в положение «да».
- Тест тока установить в положение «да».
- Выдержку времени при полной потере установить 10 с.
- Поведение всех реле при отсутствии напряжения перевести в режим блокировки.

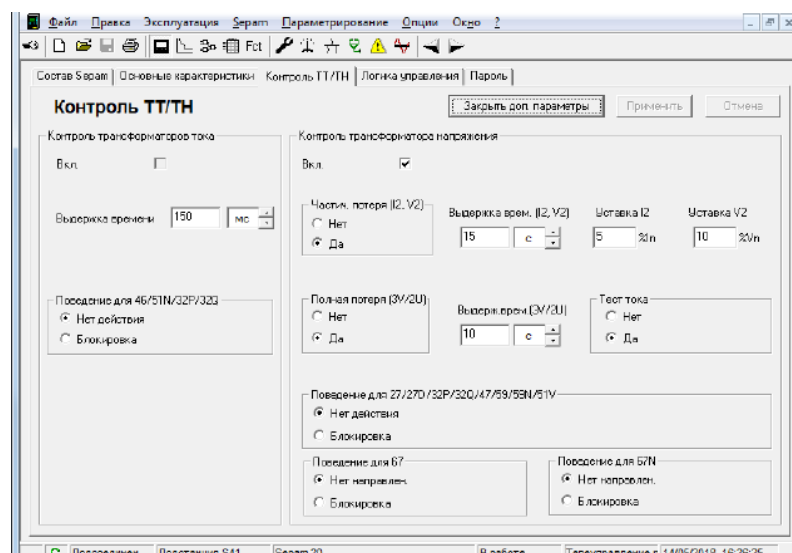


Рисунок 8.4 – Окно «Контроль ТТ/ТН»

10. На вкладке «Логика управления» (рис. 8.5) активировать контроль выключателя, тем самым блок начинает контролировать РПО и РПВ, подключенные на выходы I11 и I12, реле О1 отвечает за отключение выключателя. Активировать реле «О3» и «О12». Логическая селективность переводится в положение «Нет».

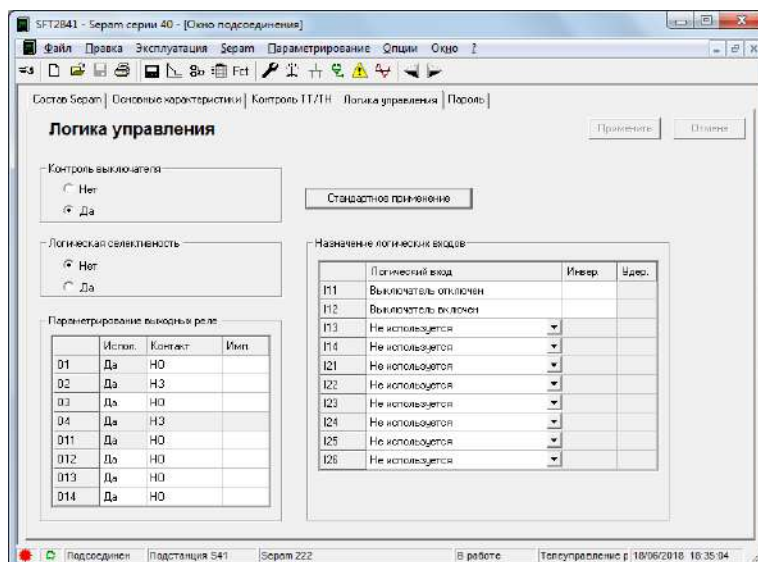


Рисунок 8.5 – Окно «Логика управления»

11. Перейти в раздел уставок защит. Для отходящей линии электропередач не кольцевого типа с контролем нулевой последовательности следует параметризовать следующие виды защит:

- 50/51 Максимальная токовая в фазах (рис. 8.6).

Установить первые две ступени защиты, одна из которых будет осуществлять работу МТЗ, а вторая – МТО.

Установить «галочки» под столбцом «Вкл.» для первой и второй ступени и «Отключ.» для действия на отключение силового выключателя.

В разделе «Группа А» установить независимую кривую отключения для первых двух ступеней, ток уставки установить 4 А и 0,05 с для первой ступени и 2 А и 1 с для второй.

В разделе «Поведение при отключении» установить «крестики» на пересечении столбца «L1» и «O12» и Ступеней 1, 2 и установить наличие осциллографирования для них.

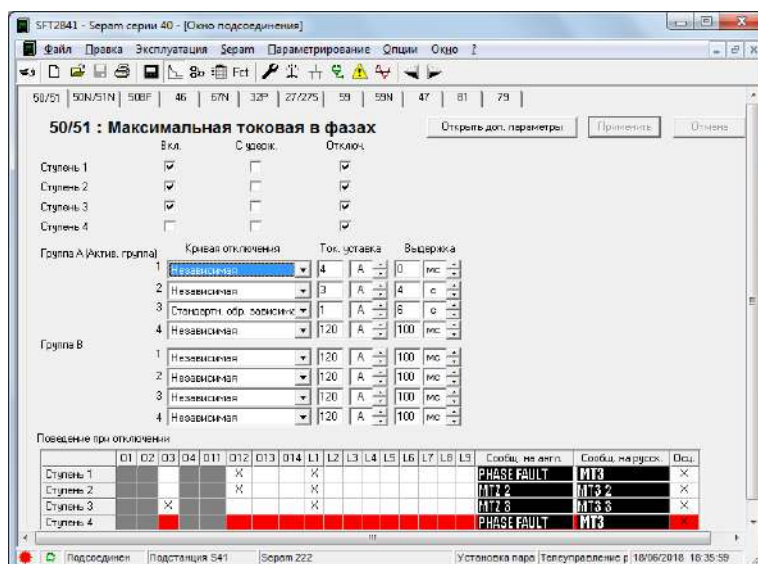


Рисунок 8.6 – Окно «50/51 Максимальной токовой защиты в фазах»

- 50N/51N Максимальная токовая на землю (рис. 8.7).

Установить первые две ступени защиты, одна из которых будет осуществлять земляную защиту, контролируя ток в ТТНП, а вторая – несимметрию при помощи суммарного ток трех последовательностей.

Установить «галочки» под столбцом «Вкл.» для первой и второй ступени.

В разделе «Группа А» установить независимую кривую отключения для первых двух ступеней, ток уставки установить 1 А и 3 с для первой ступени и 1 А и 3 с для второй.

В разделе поведения при отключении установить «крестики» на пересечении «L3» и «O3» и Ступеней 1, 2 и установить наличие осциллографирования для них.

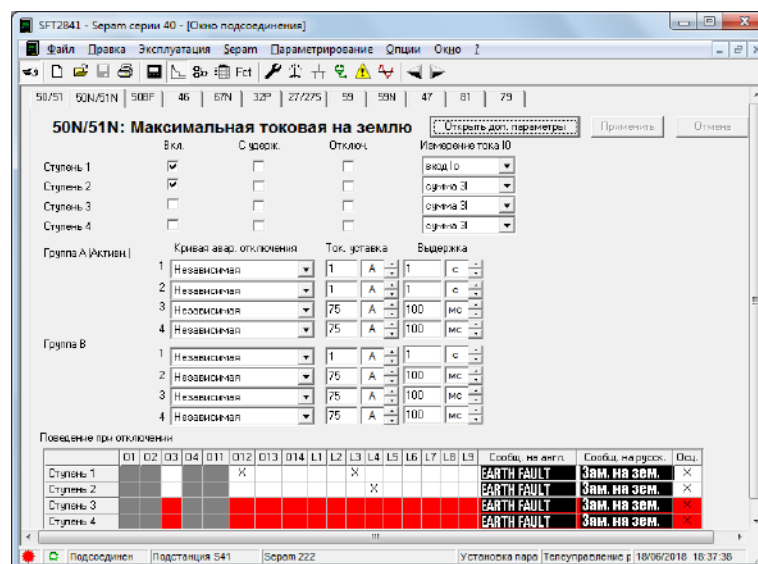


Рисунок 8.7 – Окно «50/51N уставки максимальной токовой защиты на землю»

- 50 BF УРОВ (рис. 8.8).

Для первой ступени отметить «галочкой» «Вкл.». Уставка по току задается 2 А, выдержка времени 5 с.

Сигнал о срабатывании установить на светодиод L5 и активировать осциллограммы.

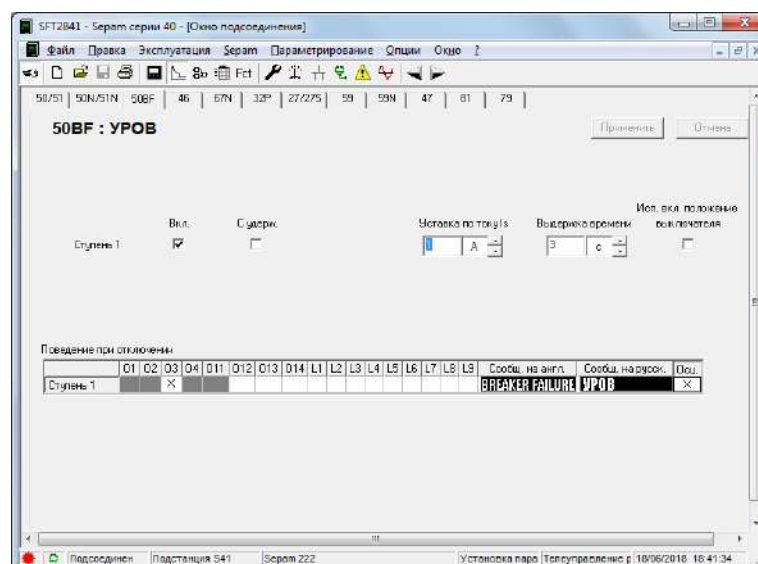


Рисунок 8.8 – Окно «50BF уставки устройства резервирования отказа выключателя»

- 79: Автоматическое повторное включение (рис. 8.9).

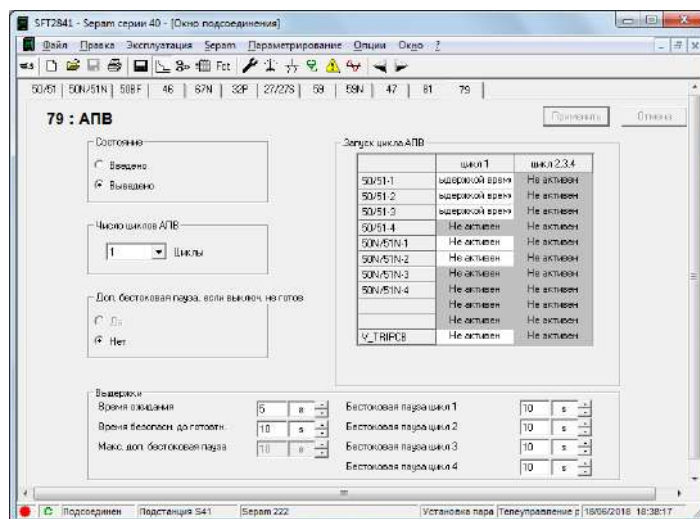


Рисунок 8.9 – Окно «79 уставки автоматики повторного включения»

12. На вкладке «Настройка осциллографирования» отметить «галочкой» «Вкл.» (рис. 8.10).

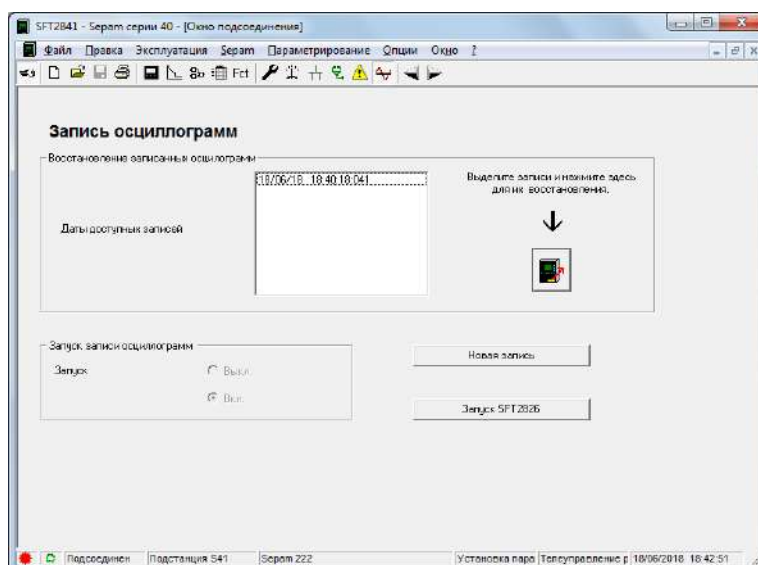


Рисунок 8.10 – Окно «Запись осциллограмм»

13. По окончании изменения каждого параметра на каждой панели инструментов или вкладке необходимо нажимать кнопку «Применить», после чего запускается механизм синхронизации и параметры сохраняются в память устройства.

14. При помощи лицевой панели устройства Seram зайти в уставки и удостовериться в применении установленных значений.

15. Подключить к параметрируемому блоку устройство РЕТОМ–61 в соответствии с задачей определения уставок той или иной защиты, ориентируясь на схемы предыдущих лабораторных работ.

16. Проверить работу защит в ручном и автоматическом режимах.

17. Составить отчет по лабораторной работе, в который включить уставки защит, внесенных в Seram 40 при помощи программы SFT2841, результаты проверки блока при помощи РЕТОМ–61 в ручном и автоматическом режимах, осциллограммы проверок с блока Seram с анализом получившихся результатов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Андреев В.А. Релейная защита и автоматика систем электроснабжения: Учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности «Электроснабжение» направления подготовки «Электроэнергетика». 6-е изд., стер. М.: Высш. шк., 2008. 639 с.
2. Дьяков А.Ф. Микропроцессорная автоматика и релейная защита электроэнергетических систем: Учебное пособие для вузов / А.Ф. Дьяков, Н.И. Овчаренко. 2-е изд., стер. М.: Издательский дом МЭИ, 2010. 336 с.: ил.
3. Мальгин Г.В., Малышева Н.Н. Релейная защита и автоматика электроэнергетических систем: Лабораторный практикум. Нижневартовск: Изд-во НВГУ, 2018. 138 с.
4. Правила устройств электроустановок. М.: Кнорус, 2015. 488 с.
5. Руководство по эксплуатации Sepam серии 40. Schneider Electric, 2008. 267 с.
6. Чернобровов Н.В., Семенов В.А. Релейная защита энергетических систем: Учебное пособие. М.: Энергоатомиздат, 1998. 800 с.

Приложение А – Протокол проверки реле тока первой ступени

Протокол проверки реле тока

Тип реле- Sepam42s
 Режим каналов напряжения-
Не использовать
U=0,0 В
U=0,0 В
 $\Gamma=0,0^\circ$
 частота=50,0 Гц
 Режим выдачи временной диаграммы - поднимать плавно без XX и K3

Уставки

Ступень	I _{ср} , А	I _в , А	K _в	T _{ср} , с	T _в , с	БI, %	БК, %	БТ, %; с
I	4,0	3,8	0,95	0,05	0,033	5,0	5,0	10,0

Условия проверки

Ступень	Проверки	Вид КЗ	I _{мин} I _{ср} , А	I _{макс} I _{ср} , А	БI, А	I _{мин} T _{ср} , А	I _{макс} T _{ср} , А	N _{угловк}	T _{кз} I _{ср} T _{ср} , с	N пусков
I	I _{ср} ; I _в ; K _в ; T _{ср} ; T _в	AN	3,8	4,8	0,05	0,0	4,1	1,0	0,156	1

Результаты испытаний

Ступень	Вид КЗ	Параметр	Уставка	Замер	Погрешность, %	Результат
1	AN	I _{ср} , А; N=1	4,000	~4,0500 1,25%	1,25...1,25	Ok
1	AN	I _в , А; N=1	3,800	~3,7900 -0,26%	-0,26...-0,26	Ok
1	AN	K _в ; N=1	0,950	~0,9358 -1,49%	-1,49...-1,49	Ok
1	AN	T _{ср} , с; N=1	0,050	~0,0540 8,00%	8,00...8,00	Ok
1	AN	T _в , с; N=1	0,033	~0,0321 -2,73%	-2,73...-2,73	Ok

Предприятие -НВГУ
 Пользователь -
 Подстанция -Стенд
 Присоединение -Sepam42s
 Защита -MT3
 Имя протокола -C:\Users\user\Desktop\MT3 Sepam42s.releI
 Время испытания - ..9.6.2018; 15:29:35
 Время печати -11.6.2018; 12:39:6

Приложение Б – Протокол проверки реле тока второй ступени

Протокол проверки реле тока

Тип реле- Sepam42s
 Режим каналов напряжения-
Не использовать
U=0,0 В
U=0,0 В
Г= 0,0 °
 частота=50,0 Гц
 Режим выдачи временной диаграммы- поднимать плавно без XX и K3

Уставки

Ступень	I _{ср} , А	I _в , А	K _в	T _{ср} , с	T _в , с	БI, %	БК, %	БТ, %; с
I	3,0	2,85	0,95	1,0	0,033	5,0	5,0	10,0
II	3,0	2,85	0,95	1,0	0,031	5,0	5,0	5,0

Условия проверки

Ступень	Проверки	Вид КЗ	I _{мин} I _{ср} , А	I _{макс} I _{ср} , А	БI, А	I _{мин} T _{ср} , А	I _{макс} T _{ср} , А	Углов вкл	T _{кз} I _{ср} , с	T _{ср} , с	N пусков
I	I _{ср} ; I _в ; K _в ; T _{ср} ; T _в	AN	2,0	4,0	0,1	2,0	3,5	1,0	0,16		1
II	I _{ср} ; I _в ; K _в ; T _{ср} ; T _в	AN	2,8	3,6	0,1	2,5	3,9	1,0	3,7		1

Результаты испытаний

Ступень	Вид КЗ	Параметр	Уставка	Замер	Погрешность, %	Результат
2	AN	I _{ср} , А; N=1	3,000	~3,0000 0,00%	0,00...0,00	Ok
2	AN	I _в , А; N=1	2,850	~2,8050 -1,58%	-1,58...-1,58	Ok
2	AN	K _в ; N=1	0,950	~0,9350 -1,58%	-1,58...-1,58	Ok
2	AN	T _{ср} , с; N=1	1,000	~0,9969 -0,31%	-0,31...-0,31	Ok
2	AN	T _в , с; N=1	0,031	~0,0310 -0,00%	-0,00...-0,00	Ok

Предприятие -НВГУ
 Пользователь -
 Подстанция -Стенд
 Присоединение -Sepam42s
 Защита -MT3
 Имя протокола -C:\Users\user\Desktop\MT3\MT3 Sepam42s.releI
 Время испытания - ..9.6.2018; 15:29:35
 Время печати -11.6.2018; 13:4:10

Приложение В – Протокол проверки реле минимального напряжения

Протокол проверки реле напряжения: Реле напряжения

Виды проверок	Уставки и заданные значения	Результат	Погрешность
U _{ср}	90,00	88,000 ± 0,000	2,222 %
U _{вз}	100,00	96,000 ± 0,000	4,000
Квз	1,10	1,091 ± 0,000	0,818
T _{ср}	2,000 с	1,011 ± 0,000 с	49,440 %
T _{вз}	0,030 с	0,030 ± 0,000 с	0,667 %

Предприятие -НВГУ
Пользователь -_
Подстанция -Стенд
Присоединение -Sepam42s
Защита -59 min U+
Имя протокола -C:\Users\user\Desktop\ЗПН\59 min U+.releU
Время испытания - ..11.6.2018; 14:39:38
Время печати -11.6.2018; 14:40:10

Приложение Г – Протокол проверки реле повышенного напряжения

Протокол проверки реле напряжения: Реле напряжения

Виды проверок	Уставки и заданные значения	Результат	Погрешность
U _{ср}	105,00	110,250 ± 0,000	5,000 %
U _{вз}	100,00	102,000 ± 0,000	2,000
K _{вз}	0,90	0,925 ± 0,000	2,778
T _{ср}	2,000 с	1,017 ± 0,000 с	49,150 %
T _{вз}	0,030 с	0,038 ± 0,000 с	26,000 %

Предприятие -НВГУ

Пользователь -_

Подстанция -Стенд

Присоединение -Sepam42s

Защита -59 max U+

Имя протокола -C:\Users\user\Desktop\ЗПН\59 max U+.releU

Время испытания - ..11.6.2018; 14:35:9

Время печати -11.6.2018; 14:35:57

Приложение Д – Протокол проверки реле частоты

Протокол проверки реле частоты: Sepam

Оперативное напряжение U_{ab} : ~100 В			Испытательное напряжение U_c : 100 В			№ контакта: 1 Тип: НО	
Вид проверки	Уставка	Начальная частота, Гц	Шаг по частоте, Гц	Конечная частота, Гц	Время ожидания, с	Результат проверки	Погрешность, %
Fcp	45,0 Гц	50,0	1,0	44,0	2,0	45,0±0,0 Гц	0,0
Fвз	50,0 Гц	44,0	1,0	50,0	2,0	46,0±0,0 Гц	8,0

Предприятие -НВГУ
 Пользователь -
 Подстанция -Стенд
 Присоединение -Sepam42s
 Защита -59 min U+
 Время печати -11.6.2018; 14:46:31

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
СХЕМА ПОДКЛЮЧЕНИЯ СЕРАМ 40.....	4
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1. Знакомство с принципами работы стенда и программным обеспечением	9
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2. «Максимальная токовая защита».....	21
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3. Защита минимального и максимального напряжения.....	36
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4. Токовая защита замыкания на землю.....	47
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5. Защита от повышения и понижения частоты	55
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6. Устройство резервирования отказа выключателя.....	67
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 7. Автоматическое повторное включение.....	75
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 8. Параметрирование уставок защит в соответствии с заданной картой уставок	82
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	88
Приложение А – Протокол проверки реле тока первой ступени.....	89
Приложение Б – Протокол проверки реле тока второй ступени	90
Приложение В – Протокол проверки реле минимального напряжения.....	91
Приложение Г – Протокол проверки реле повышенного напряжения	92
Приложение Д – Протокол проверки реле частоты	93

Учебное издание

Надежда Николаевна Малышева

МИКРОПРОЦЕССОРНЫЕ РЕЛЕЙНЫЕ ЗАЩИТЫ

Часть 1

Учебное пособие

Редактор *Т.А.Фридман*
Технический редактор *Т.А.Фридман*

Изд. лиц. ЛР № 020742. Подписано в печать 29.04.2019
Формат 60×84/8. Бумага для множительных аппаратов
Гарнитура Times. Усл. печ. листов 11,9
Тираж 300 экз. Заказ 2075

Электронная версия
Отдел издательской политики и обеспечения публикационной деятельности
628615, Тюменская область, г. Нижневартовск, ул. Дзержинского, 11
Тел./факс: (3466) 43-75-73, e-mail: izdatelstvo@nggu.ru