

Централизованный комплекс релейной защиты и автоматики в распределительных сетях с малой генерацией

А. Н. САДОВНИКОВ

**Национальный исследовательский Южно-Уральский
государственный университет**

Россия

alex_sad1971@mail.ru

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Релейная защита, централизованные комплексы релейной защиты и автоматики.

1 ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время распределительные сети 0,4, 6, 10 кВ предприятий оснащаются генерирующими устройствами, например газотурбинными, газопоршневыми установками, постоянно работающими в режиме параллельной работы с питающей энергосистемой. При этом меняется режим работы подстанций предприятия, выполненных чаще всего по схемам 4Н, 5Н, 5АН по [1] на двухстороннее питание. Устройства релейной защиты и автоматики (РЗА) распределительной сети предприятия перестают соответствовать нормативным требованиям. Необходима реконструкция системы РЗА подстанций предприятия.

В соответствие с [2], [3] основными требованиями к РЗА двухтрансформаторных подстанций, работающих в режиме двухстороннего питания:

- наличие быстродействующей защиты шин;
- обеспечение селективности выдержек времени максимальных токовых защит (МТЗ) при различном направлении мощности короткого замыкания (КЗ) через защиту.

Традиционный способ реконструкции – замена существующих устройств РЗА на типоразмера, предназначенные для сетей с двухсторонним питанием ведет к значительным затратам, так как требует установки терминалов с органами направления мощности (ОНМ), которые относятся к самым дорогим моделям у всех фирм, представленных на рынке. Логическая защита шин, реализуемая во всех типах микропроцессорных терминалов представленных на рынке, не пригодна в случае двухсторонней подпитки места КЗ. Установка полноценной дифференциальной защиты шин требует установки дополнительных микропроцессорных терминалов на каждое присоединение, что ведет к дополнительным затратам, кроме того у всех фирм, представленных на рынке устройств РЗА отсутствуют типовые, проработанные решения по установке дифференциальной защиты на шины низкого напряжения понижающих двухтрансформаторных подстанций.

Существенно снизить затраты на реконструкцию можно, применив централизованный комплекс, связав свободно программируемый контроллер, широко представленные на рынке, с входными/выходными сигналами отдельных устройств РЗА присоединений подстанции (рис. 1).

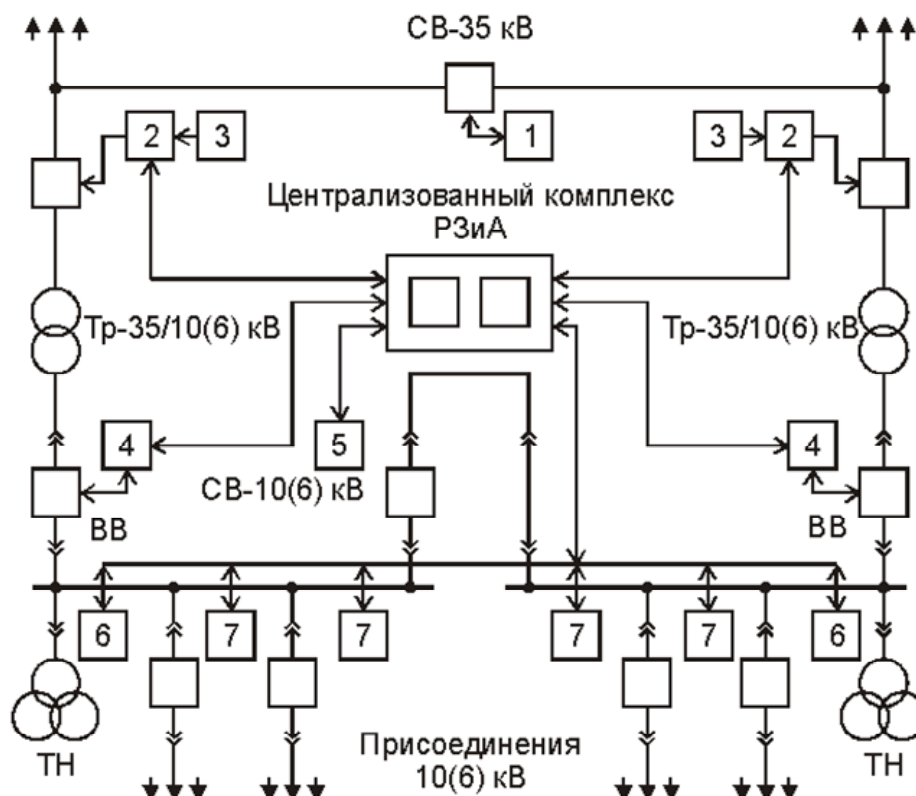


Рис. 1: Структурная схема централизованного комплекса РЗА типовой комплектной двухтрансформаторной подстанции 35/10(6) кВ

Цифрами на рис. 1 обозначены устройства защиты: 1 – секционного выключателя, 2 – резервной защиты трансформатора, 3 – основной защиты трансформатора, 4 – вводного выключателя секции, 5 – секционного выключателя, 6 – трансформатора напряжения секции, 7 – отходящего присоединения.

Использование централизованного комплекса соответствует нормам [2], [3], [4], так как связь между устройствами защиты и комплексом осуществляется сухими контактами на оперативном напряжении подстанции, в случае отказа центрального микропроцессора, устройства защиты отдельных присоединений могут работать независимо. Использование централизованного комплекса позволяет осуществить реконструкцию подстанции без замены существующих устройств РЗА на дорогостоящие типоразмеры.

2 ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

2.1 Централизованный комплекс РЗА

Централизованный комплекс РЗА состоит из двух параллельно работающих промышленных контроллеров (для обеспечения требуемой надежности) и отдельных микропроцессорных устройств РЗА присоединений подстанции. Структурная схема централизованного комплекса представлена на рис. 1.

Связь между центральным микропроцессором и терминалами отдельных защит осуществляется через свободно программируемые цифровые (логические) входы/выходы микропроцессора/терминалов на постоянном напряжении оперативного тока подстанции (110/220 В).

В качестве центральных микропроцессоров подойдут любые промышленные свободно программируемые микропроцессоры, обеспечивающие следующие аппаратные требования:

- энергонезависимая память программ – не менее 12 кБ;
- наличие часов реального времени;

- количество регистров памяти доступных пользователю – не менее 8 на подключаемый терминал;
 - количество таймеров и счетчиков – не менее 3 на подключаемый терминал;
 - диапазон таймеров – до 10 сек;
 - логические входы/выходы – не менее 4 релейных входов/выходов на подключаемый терминал;
 - быстродействие логических входов/выходов – 2-4 мс;
- Отсутствие аналоговых входов/выходов не требует наличия у микропроцессора АЦП/ЦАП, что резко удешевляет его стоимость.
- Принципы функционирования централизованного комплекса РЗА изложены также в [5], [6].

2.2 Алгоритмы централизованного комплекса РЗА

Алгоритмы центрального микропроцессора комплекса разрабатывались с учетом применения в качестве отдельных терминалов защит присоединений типовой комплектной двухтрансформаторной подстанции 35/10(6) кВ простейших терминалов РЗА, реализующих лишь базовые функции защиты и управление выключателем (серии УЗА-10 производства Энергомашвин, Seram 1000 производства Schneider Electric). Предполагалось, что к шинам низкого напряжения 10(6) кВ подстанции в ходе реконструкции подключаются генераторы, питаемые ГТУ, в связи, с чем режим работы подстанции меняется с одностороннего питания на двухстороннее.

Чтобы функции РЗА централизованного комплекса в целом удовлетворяли требованиям [2], [3] и [4], центральный микропроцессор должен реализовывать следующие алгоритмы противоаварийного управления:

- резервирование отказов выключателей присоединений, с учетом возможной подпитки места КЗ генераторами ГТУ подключенными к шинам низкого напряжения подстанции;
- логическая защита шин с учетом изменения режима работы подстанции с одностороннего на двухстороннее (встречно-направленная логическая защита шин);
- автоматическое включение резерва (секционного выключателя низкого напряжения и высокого напряжения, при его наличии) с учетом возможного несинхронного включения генераторов ГТУ разных секций;
- АПВ шин и отдельных присоединений;
- дуговая защита шин (ДЗШ) (прием сигналов от световых и датчиков давления ячеек КРУ);
- АЧР/ЧАПВ.

Реализация данных алгоритмов позволит отказаться не только от замены существующих терминалов на реконструируемой подстанции, но и от применения чрезвычайно дорогостоящей дифференциальной защиты шин, как это требуется по [2] для защиты шин с двухсторонним направлением мощности. Выполнение алгоритмов ДЗШ, АЧР/ЧАПВ позволяет отказаться от отдельных микропроцессорных устройств, реализующих данные функции при традиционном выполнении РЗА подстанции.

Алгоритм АПВ должен учитывать вероятность возможного несинхронного повторного включения генераторов ГТУ. Особенности несинхронных АПВ в распределительных электрических сетях с ГТУ подробно рассмотрены в работах [7], [8].

Для примера, на рис. 2 показан упрощенный алгоритм встречно-направленной логической защиты шин, учитывающей возможную подпитку места КЗ питающими присоединениями генераторов, подключенным к шинам низкого напряжения подстанции.

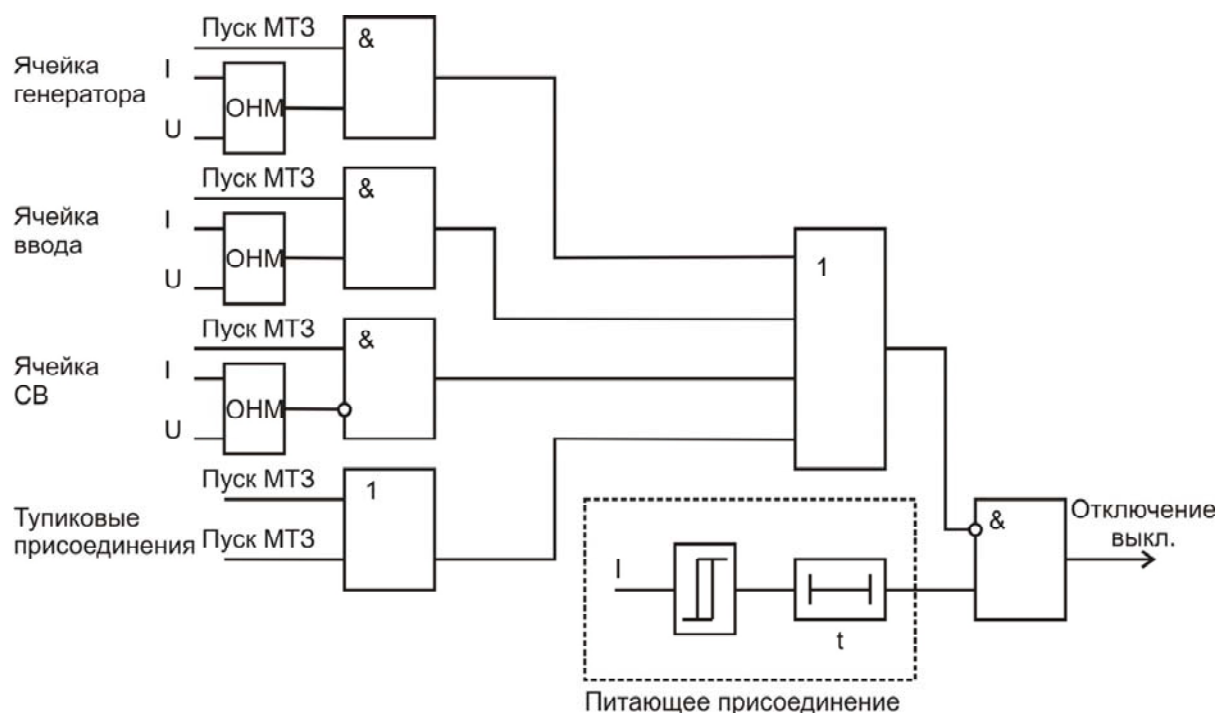


Рис. 2: Упрощенный алгоритм встречно-направленной логической защиты шин

2.3 Реализация алгоритмов централизованного комплекса на компьютерной модели

Для исследования режимов работы централизованного комплекса РЗА с целью проверки адекватности алгоритмов центрального микропроцессора, соответствия параметров селективности, быстродействия и чувствительности комплекса требованиям [2], [3] и [4], разработки новых методик расчета уставок и параметров централизованного комплекса, создана программная модель логики микропроцессорной защиты и автоматики комплектной двухтрансформаторной понижающей подстанции 35/10(6) кВ (далее, модель).

Модель релейной защиты и автоматики подстанции реализована с помощью пакета LabView версии 5.0, который является графической средой разработки прикладных программ. В качестве базовой для моделирования выбрана комплектная блочная двухтрансформаторная подстанция 35/6 кВ ОАО «Самарского завода Электрощит» оснащенная комплектными устройствами РЗА серии Sepam производства Schneider Electric. Модель построена по модульному принципу (рис. 3) взаимодействующих друг с другом подпрограмм, реализующих функции микропроцессорных устройств защиты Sepam, центрального микропроцессора, объектов подстанции (за аналог взят микроконтроллер FPC101B фирмы FESTO), моделей коммутационных аппаратов, источников тока и напряжения для задания расчетных режимов работы энергосистемы. Подробнее о модели рассказано в работе [9] и свидетельстве регистрации [10].

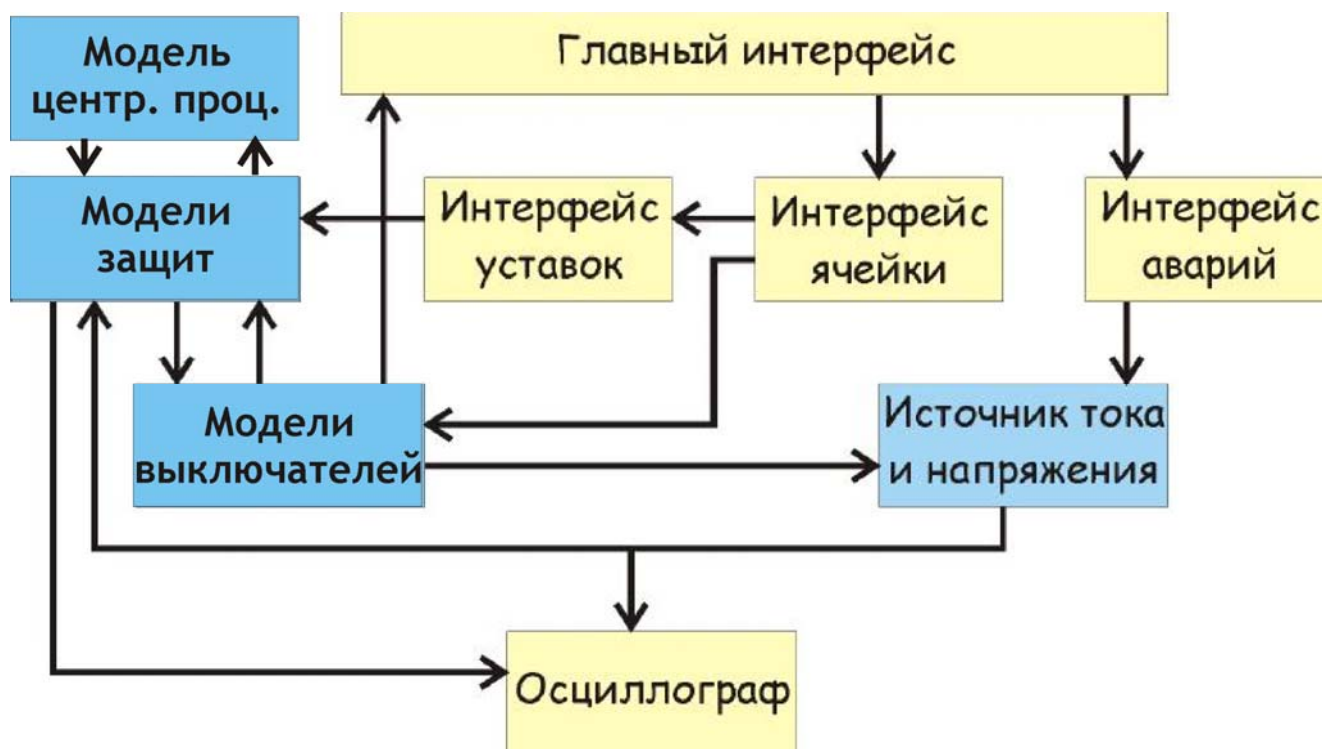


Рис. 3: Структурная схема модели РЗА подстанции

Модульный принцип построения модели позволяет создавать и подключать подпрограммы реализующие функции устройств РЗА, силового и коммутационного оборудования различных производителей.

Подпрограммы, реализующие математическо-логическую модель микропроцессорного терминала защит серии Sepam 1000+ и Sepam 2000 D22, позволяют:

- отображать все оперативные данные по реле и результаты измерений;
- отображать все аварийные сообщения;
- отображать и настраивать все параметры логики управления и уставки защиты;
- отображать логическое состояние цифровых входов и выходов.

Подпрограммы моделируют следующие типы устройств серии Sepam:

- Sepam 1000+ S20 – защита ввода и отходящей линии;
- Sepam 1000+ T20 – защита трансформатора;
- Sepam 1000+ M20 – защита двигателя;
- Sepam 1000+ B20 – измерение напряжения и защита по напряжению;
- Sepam 2000 D22 – дифференциальная защита трансформатора.

Работа с терминалами Sepam 1000+ производится через табличный графический интерфейс, соответствующий экранам программы SFT 2841 экспертного UMI, а с терминалом Sepam 2000 D22 через интерфейс, соответствующий экранам портативного терминала TSM 2001 или SFT 2801.

Функции табличного графического интерфейса:

- индикация аварийных сообщений;
- индикация всех выполненных регулировок и параметрирования;
- отображение и настройка всех параметров любой функции защиты;
- настройка параметров логики управления;
- ввод в работу/блокировка отдельных функций.

Все данные о настройках параметров и уставках защит могут быть сохранены в файл на жестком диске. Возможна процедура записи/восстановления настроек, как для отдельного терминала, так и для всех терминалов подстанции. Присутствуют настройки по умолчанию и возможность возврата к ним.

РЗА подстанции в целом состоит из взаимодействующих подпрограмм микропроцессорных терминалов защит вызываемых базовой программой отображающей состояние выключателей, аварийной сигнализации и элементов управления. На рис. 4 представлено основное окно интерфейса модели.

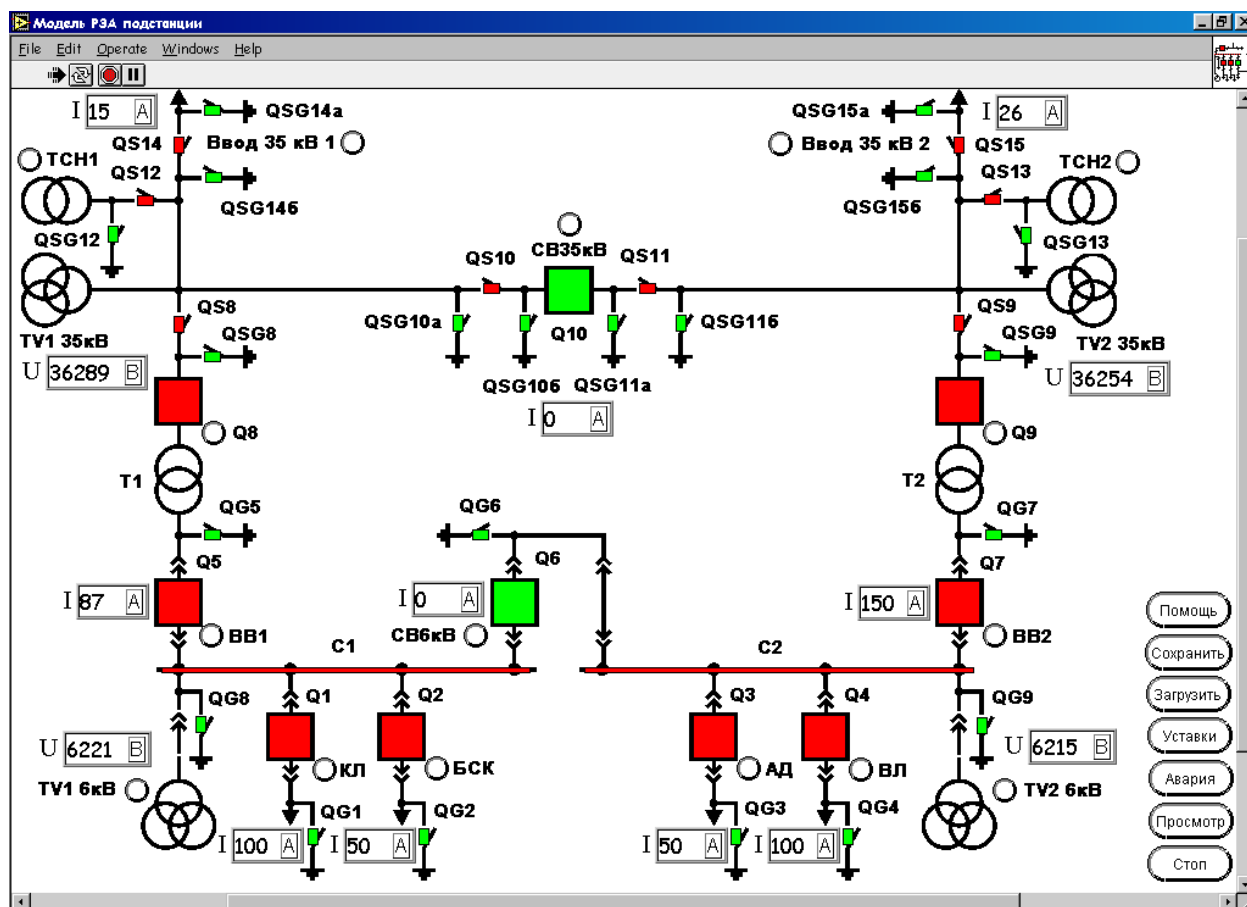


Рис. 4: Окно интерфейса модели РЗА подстанции

Функции базовой программы позволяют:

- совершать оперативные переключения выключателями на подстанции;
- учитывать положение разъединителей, заземляющих ножей и выкатной тележки выключателя ячейки, отображать их состояние и управлять ими;
- вводить/выводить из работы автоматику повторного включения (АПВ) ячеек;
- вводить/выводить из работы дуговую защиту ячеек;
- задавать температуру окружающей среды, учитывать работу шкафа автоматики подогрева;
- моделировать работу газовой защиты трансформаторов;
- отображать действующие значения токов и напряжений элементов;
- отображать уровень масла бака трансформатора;
- включать/отключать обдув трансформатора;
- учитывать положение автомата питания в каждой ячейке.

Одной из основных функций базовой программы модели подстанции и подпрограмм микропроцессорных терминалов является имитация поведения РЗА при различных нештатных режимах работы: коротких замыканий (КЗ), отказов выключателей, замыканий на землю. Возможна имитация следующих аварийных ситуаций:

- трехфазное или двухфазное КЗ на любом защищаемом объекте;
- режим однофазного замыкания на землю на любом защищаемом объекте;
- КЗ сопровождающееся отказом выключателя поврежденного объекта;

- перегрев силового трансформатора;
- понижение уровня масла в баке силового трансформатора с действием газовой защиты на сигнал или на отключение;
- отсутствие одной фазы по питанию 35 кВ;
- отсутствие питания 35 кВ;
- срабатывание дуговой защиты в любой из ячеек;
- отсутствие питания собственных нужд.

Результатом моделирования любой аварийной ситуации является файл записываемый на жесткий диск, содержащий записи всех аналоговых и логических сигналов терминалов РЗА.

Файлы записи аварий могут быть проанализированы с помощью подпрограммы-осциллографа, по функциям аналогичной SFT 2826 (рис. 5).

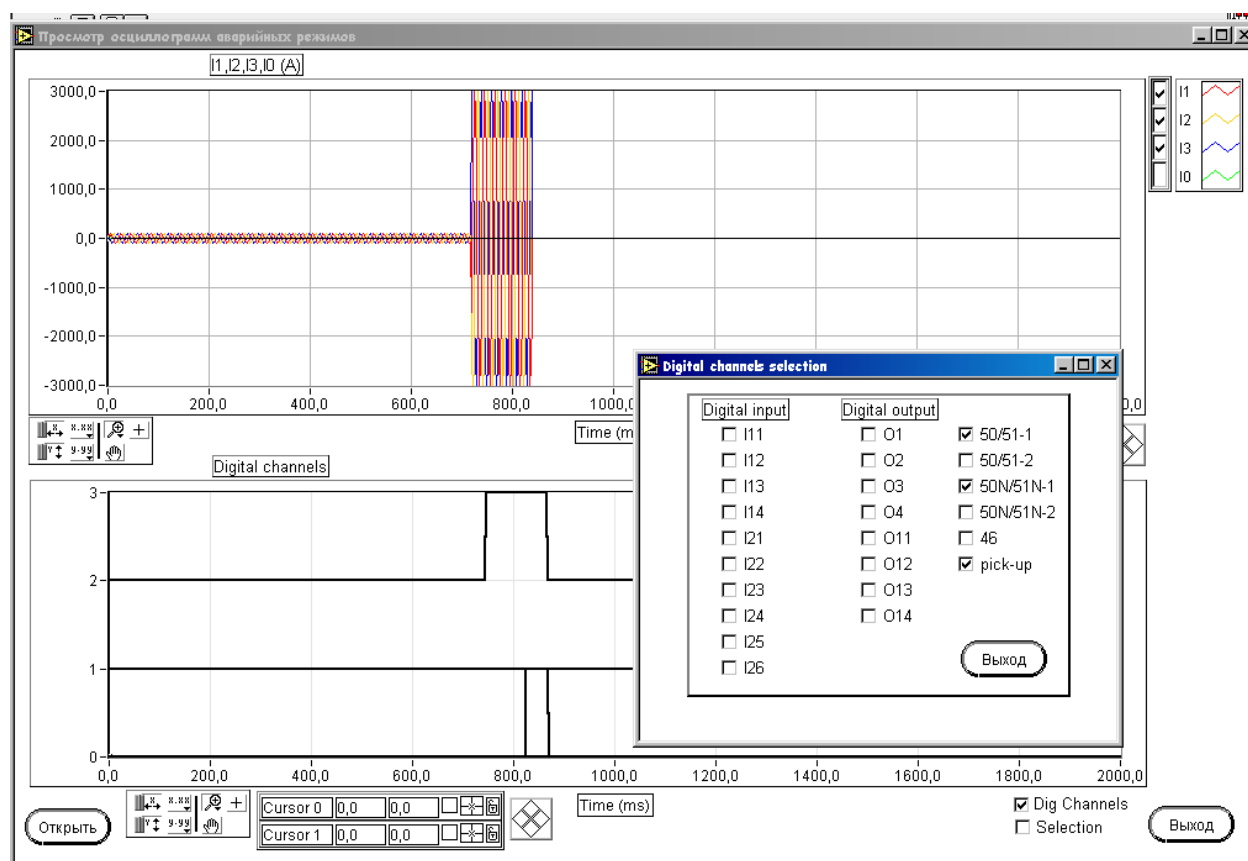


Рис. 5: Окно интерфейса записи аварийного процесса

Результаты, полученные на модели, позволяют сделать вывод о том, что централизованный комплекс РЗА, состоящий из дешевых микропроцессорных защит и центрального микропроцессорного устройства противоаварийного управления снабженного разработанными алгоритмами полностью соответствует требованиям [2], [3] и [4] по параметрам селективности, быстродействия и чувствительности.

3 ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Традиционный способ реконструкции РЗА типовых комплектных двухтрансформаторных подстанций 35/10(6) кВ при подключении генераторов ГТУ на шины низкого напряжения путем замены дешевых типоразмеров микропроцессорных терминалов на дорогие, предназначенные для сетей с двухсторонним питанием неэффективен ввиду больших затрат.

2. Предложен оригинальный способ реконструкции путем установки централизованного комплекса противоаварийного управления, разработаны алгоритмы РЗА для центрального микропроцессорного устройства комплекса, удовлетворяющие требованиям [2], [3] и [4] для всех режимов работы подстанции.

3. Проведенный анализ работы централизованного комплекса противоаварийного управления проведенный на компьютерной модели РЗА двухтрансформаторной подстанции показал, что предложенные алгоритмы для центрального микропроцессорного устройства комплекса эффективны для всех режимов работы рассматриваемой подстанции.

4. Разработаны методы расчета уставок защиты и автоматики присоединений подстанции, оснащенной устройством централизованного противоаварийного управления. Исследовано их влияние на параметры селективности, быстродействия и чувствительности централизованного комплекса РЗА.

5. Проработаны варианты аппаратной реализации центрального микропроцессорного устройства противоаварийного управления.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Схемы принципиальные электрические распределительных устройств подстанций 35-750 кВ. Типовые решения. – М.: Энергосетьпроект, 2011. – 144 с.
- [2] Правила устройства электроустановок. – СПб.: Издательство ДЕАН, 2011. – 928 с.
- [3] Нормы технологического проектирования подстанций переменного тока с высшим напряжением 35-750 кВ. Стандарт организации. – М.: ФСК ЕЭС, 2012. – 110 с.
- [4] Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской федерации: утв. М-вом энергетики Рос. Федерации 19.06.03: ввод. в действие с 30.06.03. – М.: ЭНАС, 2003. – 175 с.
- [5] Садовников А. Н. Централизованные комплексы релейной защиты и автоматики типовых комплектных двухтрансформаторных подстанций 35 - 220 кВ // Материалы 63-й научной конференции профессорско-преподавательского состава, аспирантов и сотрудников. Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2011. – Т. 2. – 331 с.
- [6] Садовников А. Н. Использование централизованных комплексов релейной защиты и автоматики при подключении генерирующих мощностей к шинам низкого напряжения понизительных двухтрансформаторных подстанций // Материалы ХLI Всесоюзной научно-практической конференции (с международным участием) «Федоровские чтения». М. Издательский дом МЭИ, 2011. – 210 с.
- [7] Гольдштейн М.Е., Садовников А.Н. Исследование несинхронного автоматического повторного включения в распределительных электрических сетях с газотурбинными установками // Вестник ЮУрГУ. Серия «Энергетика». Вып. 4-№1(30).-2004.
- [8] Гольдштейн М.Е., Садовников А.Н. Влияние алгоритмов РЗА на величину электродинамических нагрузок на валу ГТУ, работающей в «удаленном» узле энергосистемы // Энергетика, экология, энергосбережение транспорт. Труды второй международной научно-технической конференции. Часть 1. Тобольск. Новосиб. Гос. Акад. Водн. Трансп. 2004.
- [9] Садовников А.Н. Компьютерная модель релейной защиты и автоматики комплектной трансформаторной подстанции // Вестник ЮУрГУ. Серия «Энергетика». – Вып. 2 - №7(16).-2002.
- [10] Свидетельство об отраслевой регистрации разработки № 9693. Модель релейной защиты и автоматики двухтрансформаторной подстанции / Са-довников А.Н. // Телеграф отраслевого фонда алгоритмов и программ. Инновации в науке и образовании № 12 (35).