

КОМПЬЮТЕРНАЯ МОДЕЛЬ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ И АВТОМАТИКИ КОМПЛЕКТНОЙ ТРАНСФОРМАТОРНОЙ ПОДСТАНЦИИ

А.Н. Садовников
г. Челябинск, ЮУрГУ

Создана математическая модель микропроцессорной защиты и автоматики комплектной двухтрансформаторной понижающей подстанции 35/6 кВ. Модель реализована в среде пакета LabView.

Введение

Распределительные сети в России – это сети напряжением 0,38–35 кВ, а также сети 110–220 кВ для питания понизительных подстанций. Благодаря большой протяженности и многообразию в распределительных сетях сосредоточено до 70 % устройств релейной защиты и автоматики (РЗА).

В начале 90-х годов на смену устаревшим электромеханическим и полупроводниковым реле пришли микропроцессорные (цифровые) устройства РЗА, позволяющие обеспечить комплексное решение по защите, автоматике, управлению (в том числе дистанционному) и телемеханике объектов 6, 10 и 35 кВ. Внедрению микропроцессорных устройств РЗА способствуют их неоспоримые преимущества: непрерывная самодиагностика, память, высокая точность, большие функциональные возможности при малых габаритах, что сказывается на общем повышении надежности защиты объекта энергоснабжения.

Надежность работы устройств РЗА во многом определяется и качеством расчетов уставок (параметров) комплектов. Учитывая сложность параметрирования современных микропроцессорных устройств РЗА, наличие большого количества комплектов на подстанциях, расчеты и проверка правильности настроек требуют значительных затрат и высокой квалификации обслуживающего персонала.

При параметрировании современных цифровых устройств РЗА учитываются не только традиционные требования к защитами: селективность, быстродействие, надежность от ложных срабатываний, чувствительность в основной и резервных зонах, но и дополнительные возможности, присущие только микропроцессорным устройствам, например наличие нескольких групп уставок и условия перехода с одной группы на другую. Учет не только традиционных, но и дополнительных возможностей позволяет полнее адаптировать защиты к разным режимам работы оборудования, повышая общую надежность защиты оборудования.

Кроме параметрирования цифровых РЗА существуют трудности и в начальном освоении новой техники, в том числе и при переподготовке персонала.

Компьютерные программы, созданные многими фирмами-разработчиками микропроцессорной РЗА моделируют логику лишь отдельных тер-

миналов и не могут анализировать совместную работу устройств РЗА подстанции в целом.

Разработанная программная модель логики микропроцессорной защиты и автоматики комплектной двухтрансформаторной понижающей подстанции 35/6 кВ (далее, модель) представляет собой математическую модель, полностью имитирующую все функции логической схемы защиты, автоматики и цепей управления коммутационными аппаратами типовой подстанции системы электроснабжения. С помощью созданной модели можно разрабатывать новые методики расчета уставок, учитывающие все особенности функционирования современных цифровых устройств РЗА. Также использование модели позволяет изучать все особенности работы логики РЗА на конкретных примерах, проводить тренинг обслуживающего персонала подстанций, оснащенных микропроцессорными защитами с целью улучшения навыков вычисления уставок, эффективного параметрирования реле и анализа аварийных осциллограмм.

Математическая модель релейной защиты и автоматики подстанции

Модель релейной защиты и автоматики подстанции реализована с помощью пакета LabView версии 5.0, который является графической средой разработки прикладных программ. Основное отличие LabView от подобных систем программирования – удобство создания сложного, многоуровневого (многооконного) графического интерфейса пользователя (GUI), который по внешнему виду и функциональным возможностям приближается к интерфейсу SCADA систем, отображающих состояние коммутационных аппаратов на однолинейной схеме подстанции.

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. 1) взаимодействующих друг с другом подпрограмм, реализующих функции микропроцессорных устройств защиты Sepam объектов подстанции, моделей коммутационных аппаратов, источников тока и напряжения для задания расчетных режимов работы энергосистемы.

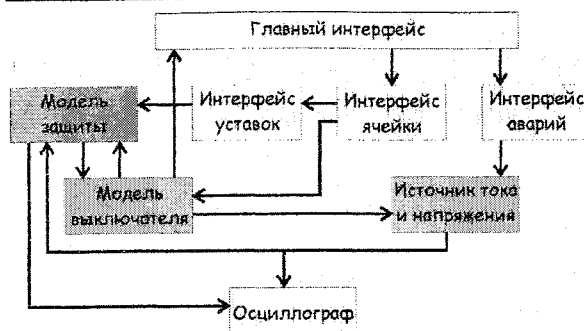


Рис. 1

Для снижения нагрузки на центральный процессор количество типов ячеек 6 кВ снижено до пяти: кабельная линия, отходящая на секцию 6 кВ, воздушная линия, питание конденсаторной батареи, двигательная и трансформатор напряжения. Так как на ячейках 6 кВ установлены однотипные комплекты РЗА, уменьшение их количества не скажется на функциональных возможностях модели РЗА подстанции.

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

Описание функциональных возможностей модели РЗА подстанции

Модели устройств серии Sepam 1000+ и Sepam 2000 D22

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 (рис. 2), 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;

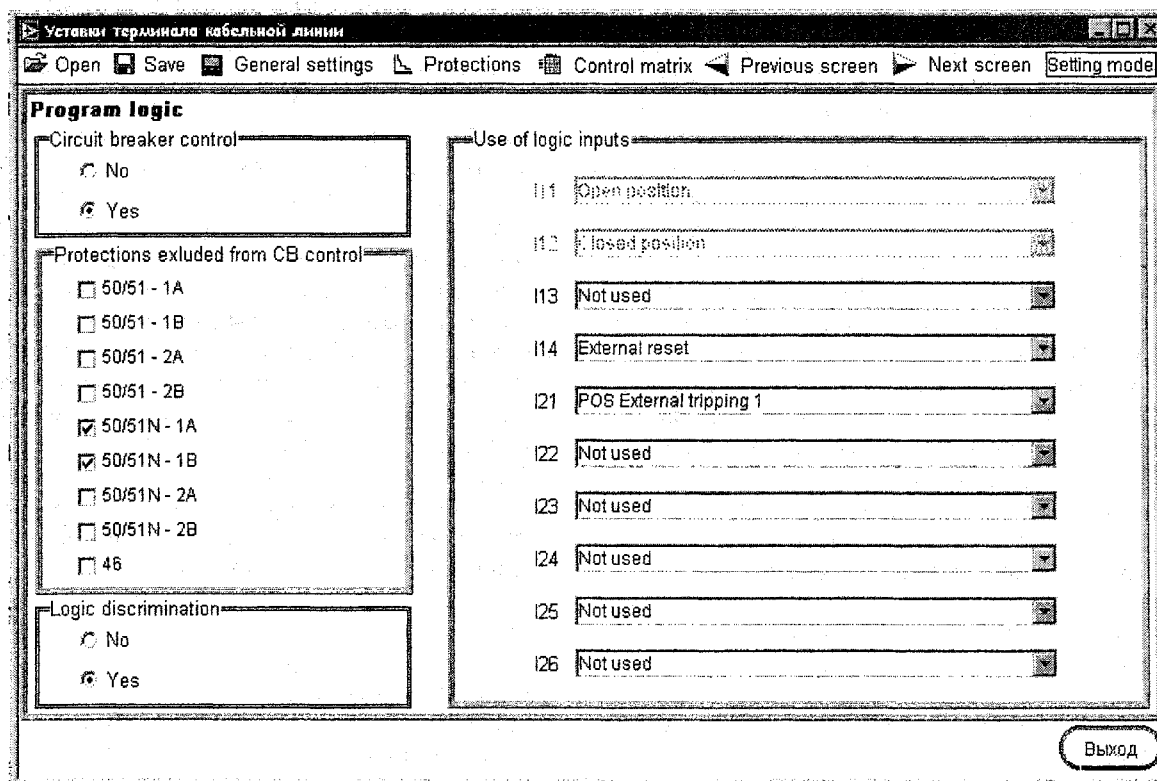


Рис. 2

- 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 (рис. 3). Возможна процедура записи/восстановления настроек, как для отдельного терминала, так и для всех терминалов подстанции. Присутствуют настройки по умолчанию и возможность возврата к ним.

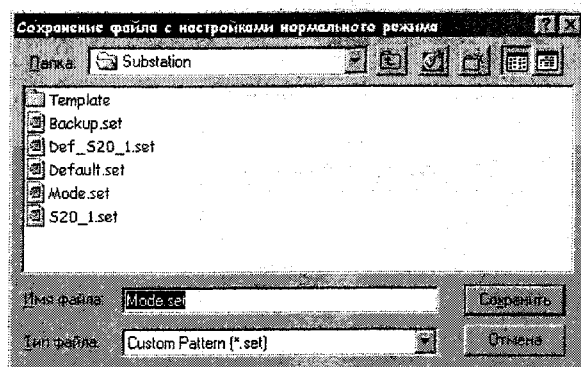


Рис. 3

Модель подстанции

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.

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.

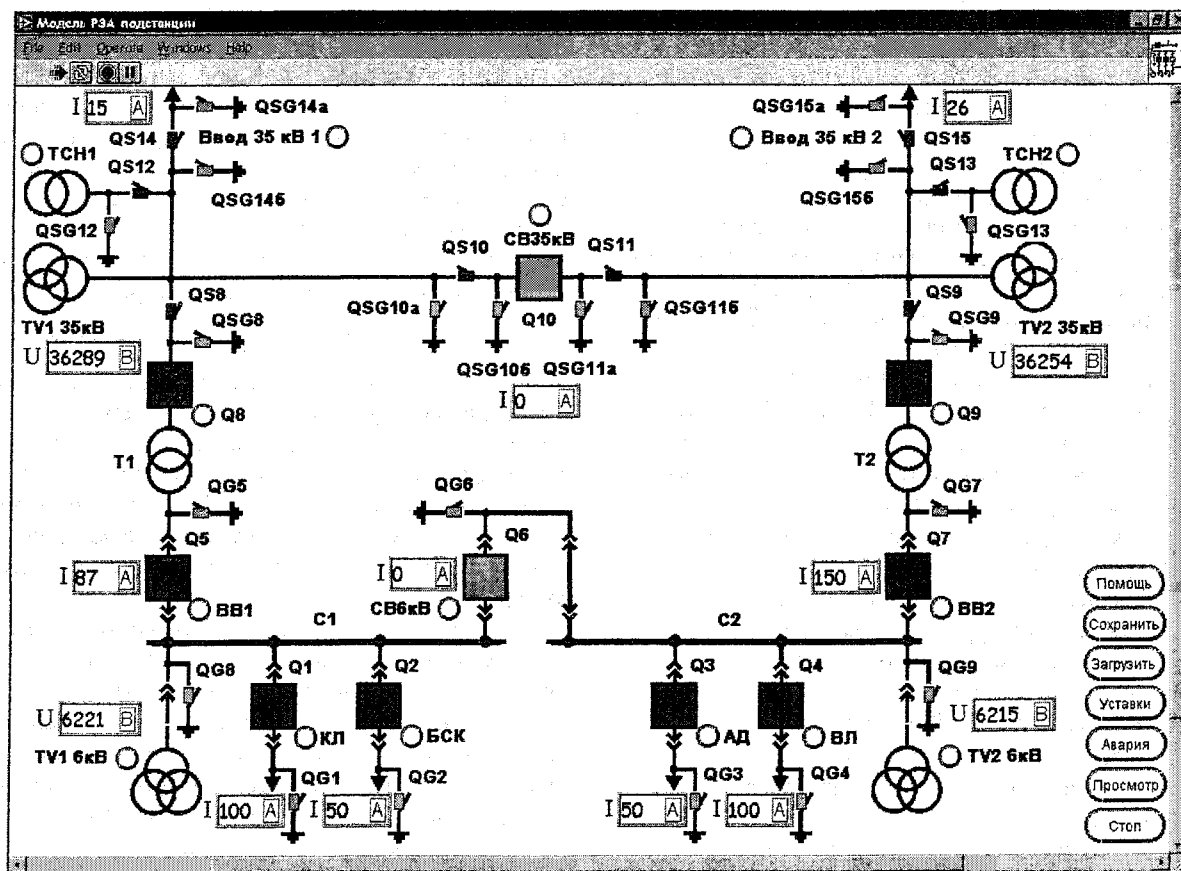


Рис. 4



Рис. 5

На рис. 5. представлено динамическое окно управления элементами одной из ячеек.

Моделирование аварийных режимов

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.

На рис. 6. представлено окно задания параметров трехфазного КЗ на отходящей кабельной линии 6 кВ.

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. 7).

Заключение

1. Математическая модель, полностью имитирующая все функции логической схемы защиты, автоматики и цепей управления коммутационными аппаратами типовой подстанции системы электроснабжения позволит разрабатывать новые методики расчета уставок, учитывающие все особенности функционирования современных цифровых устройств РЗА.

2. Разработанный интерфейс пользователя и реализованные функции РЗА, заложенные в компьютерную модель могут применяться для тренинга обслуживающего персонала подстанций, оснащенных микропроцессорными защитами Seram с целью улучшения навыков вычисления уставок, эффективного параметрирования реле и анализа аварийных осциллограмм.

3. Пользовательские интерфейсы микропроцессорных терминалов Seram 1000+ и Seram 2000 D22 выполнены в виде табличных графических

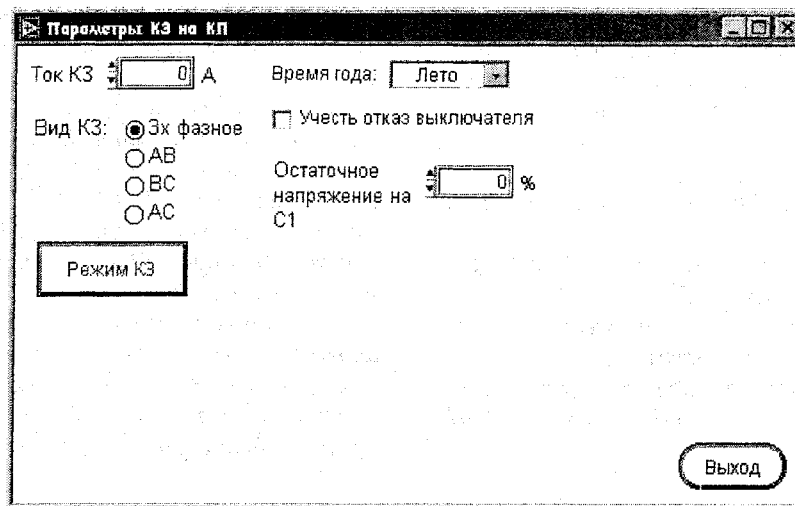


Рис. 6

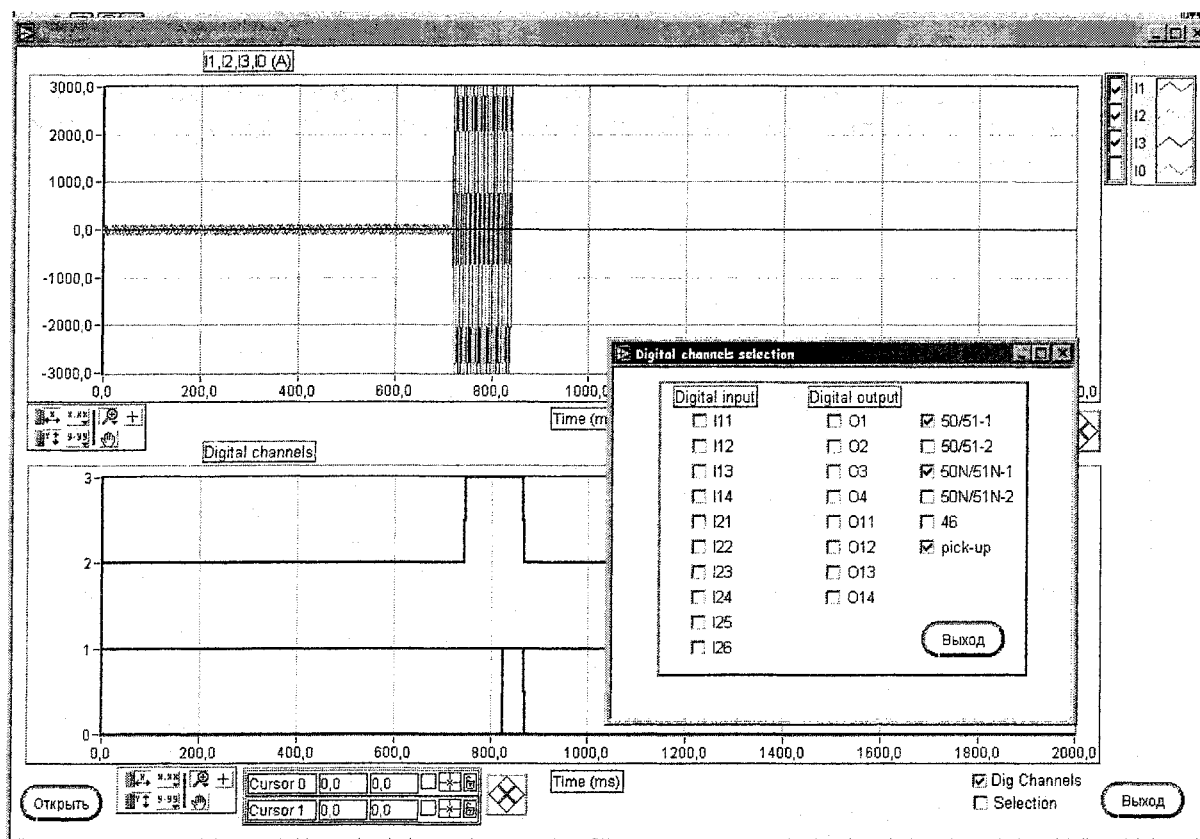


Рис. 7

интерфейсов, имитирующих окна программ SFT 2841 и SFT 2801 экспертного UMI, позволяют удобно и быстро воспринимать и изменять все доступные уставки микропроцессорных защит.

4. Модель подстанции учитывает положение выкатной тележки выключателя ячейки, разъединителей и заземляющих ножей, отображает их состояние и управляет ими с учетом реальных блокировок, существующих для подстанций данного типа, что позволяет проводить тренинг обслуживающего персонала и по оперативным переключениям на подстанции.

5. Учитывается состояние ключей АПВ, дуговой защиты, автомата питания каждой секции, что позволяет учитывать их положение при анализе аварийных режимов.

6. Модель подстанции учитывает температуру окружающей среды и состояние шкафа автоматики подогрева на возможность включения/отключения выключателей.

7. Все параметры настроек сохраняются в файлы на жестком диске. Присутствуют настройки по умолчанию, предусмотрена возможность возврата к ним.

8. Кроме случаев КЗ, моделируются другие нештатные ситуации: срабатывание дуговой защиты ячейек, газовой защиты трансформатора, исчезновение питания 35 кВ, отсутствие питания СН.

Литература

1. *LabVIEW User Manual. National Instruments Corporation. 1996.*

2. *Защита электрических сетей. Sepam серии 20. Каталог 2005. Schneider Electric.*

3. *Защита среднего напряжения. Sepam 1000+ серии 20. Schneider Electric.*

4. *Дифференциальная защита трансформатора. Sepam 2000 D22 – D32. Каталог 2002. Schneider Electric.*

5. *Защита, контроль и управление. Sepam 2000. Функции измерения и защиты. Schneider Electric.*

6. *Защита электрических сетей. Руководство по защитах. Schneider Electric. 2004.*

7. *Схемы электрические принципиальные ячейек КРУ 6(10) кВ с SEPAM 1000+ серии 20 для подстанций с силовыми трансформаторами 35 кВ. – Нижний Новгород: Институт Нижегородскэнергосетьпроект, 2004.*

8. *Схемы электрические принципиальные защиты и управления трансформаторов 35 кВ подстанций энергосистем с использованием устройств SEPAM 2000. – Нижний Новгород: Институт Нижегородскэнергосетьпроект, 2004.*

Садовников Алексей Николаевич окончил ЧГТУ в 1995 г. Доцент кафедры «Электрические станции, сети и системы». Научные интересы связаны с релейной защитой автоматизацией энергосистем.