

АЛГОРИТМЫ ЦЕНТРАЛИЗОВАННЫХ КОМПЛЕКСОВ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ И АВТОМАТИКИ

А.Н. Андреев, А.Н. Садовников
г. Челябинск, ЮУрГУ

Разработаны алгоритмы для цифрового микропроцессора, выполняющего функцию централизованного комплекса релейной защиты и автоматики (РЗА). Работа алгоритмов реализована на компьютерной модели РЗА двухтрансформаторной подстанции в среде LabVIEW. Исследованы режимы работы централизованного комплекса РЗА.

Введение

Обзор терминалов микропроцессорной РЗА тупиковых комплектных двухтрансформаторных подстанций 35/10(6) кВ показывает, что все существующие устройства можно разделить на два класса. «Простые и дешевые» с минимумом функций и «сложные и дорогие» содержащие практически все типы алгоритмов РЗА, зачастую излишние для тупиковых подстанций рассматриваемого типа.

В настоящее время много распределительных сетей 6–10, 35 кВ предприятий оснащаются генерирующими устройствами, например ГТУ. При этом меняется режим работы сети на двухстороннее питание и ставится вопрос о реконструкции устройств РЗА. Традиционное решение – замена ранее установленных комплектов на типополнения, предназначенные для сети с двухсторонним питанием. Подобные терминалы относятся к одним из самых дорогих у всех, выпускающих их фирм.

Следовательно, является актуальным создание централизованного микропроцессорного комплекса, состоящего из «простых и дешевых» микропроцессорных защит и микропроцессорного устройства противоаварийного управления, улучшающего характеристики РЗА на подстанции в целом. Использование централизованных комплексов, позволит значительно сэкономить на реконструкции, сохранив все достоинства «дорогих» терминалов.

Обзор устройств микропроцессорной РЗА типовых двухтрансформаторных подстанций 35/10(6) кВ

Данный обзор ограничен терминалами комплектных микропроцессорных устройств РЗА, предназначенных для защиты электроэнергетических объектов подстанций с напряжением на стороне ВН 35 кВ, устанавливаемых в ячейки КРУ.

За последнее десятилетие на рынке устройств РЗА для электроэнергетики возникла жесткая конкуренция между фирмами-производителями. Это приводит к тому, что функциональные свойства и параметры устройств РЗА различных фирм становятся близкими, максимально отвечающими тре-

бованиям электроэнергетики. Для анализа современных микропроцессорных устройств РЗА выбраны изделия девяти зарубежных и отечественных фирм, занимающих лидирующее положение на российском рынке, как по количеству поставляемого оборудования, так и по функциональным возможностям защит: НТЦ Механотроника – серия устройств БМРЗ, АББ Автоматизация – серия SPAC 810, Instytut Tele- I Radiotechniczny – серия MUPASZ 2000s, ALSTOM – серия MiCOM, SIEMENS – серия SIPROTEC, НПФ Радиус – серия Сириус, Schneider Electric – серия Sepam, Multilin – серия F, Энергомашвин – серия УЗА, НПП ЭКРА – серия БЭ2502. Подробнее со сравнительными характеристиками аппаратной части и функциями программного обеспечения устройств РЗА можно ознакомиться в [1].

По результатам сравнения характеристик и функций, устройства РЗА можно разделить на два класса.

«Простые и дешевые» с минимумом функций, реализующих основные алгоритмы защит присоединений и объектов тупиковых подстанций 35/10(6) кВ: токовая отсечка, максимальная токовая с зависимой или независимой выдержкой времени, защита от замыканий на землю и др. Кроме алгоритмов защиты в «простейших» устройствах реализуется ряд дополнительных функций для ускорения действия РЗА и повышения надежности, таких как: логическая защита шин, резервирование отказа выключателя, автоматическое повторное включение (АПВ), автоматическое включение резерва (АВР). У некоторых из самых дешевых и простых устройств РЗА присутствуют даже не все дополнительные функции. К данному классу устройств можно причислить следующие терминалы:

- Серия УЗА-10 производства Энергомашвин;
- Серия MiCOM P121 производства ALSTOM;
- Серия Sepam 1000 производства Schneider Electric.

«Сложные и дорогие» устройства РЗА реализуют практически все типы алгоритмов защиты, включая дополнительные функции, излишние для тупиковых подстанций рассматриваемого типа.

Перечислим, для примера лишь некоторые функции РЗиА устройств серии SPAC 810 ООО АББ Автоматизация:

- направленная ступенчатая токовая защита;
- логическая защита шин;
- направленная защита от замыканий на землю;
- защита от фазного небаланса;
- резервирование отказа выключателя;
- защита от перегрузки;
- защита пусковых режимов двигателя;
- минимальная токовая защита;
- защита минимального напряжения;
- защита по напряжению нулевой последовательности;
- защита по напряжению обратной последовательности;
- АПВ;
- АВР.

Ввиду избыточности большинства основных и дополнительных функций дорогих типоразмерных микропроцессорных устройств, РЗиА комплектных тупиковых двухтрансформаторных подстанций 35/10(6) кВ, разрабатываемых для электроснабжения районов нефте-газодобычи, оснащаются более дешевыми терминалами серий Sepam 1000, MiCOM P121, УЗА-10.

В последние годы началось широкое внедрение газотурбинных установок (ГТУ), подключаемых к шинам 10(6) кВ рассматриваемых подстан-

ций. Это приводит к тому, что РЗиА изначально предназначенная для работы в сетях с односторонним питанием, по существу должна эксплуатироваться в условиях сетей с двусторонним питанием, что не допускается по действующим нормам правил устройств электроустановок (ПУЭ), правилами технической эксплуатации (ПТЭ) и нормами технического проектирования (НТП). Традиционное решение при оснащении генерирующими устройствами распределительных сетей 10(6) кВ реконструкция (замена) ранее установленных устройств РЗиА на типоразмерные, предназначенные для сетей с двухсторонним питанием. Подобные терминалы у всех фирм-изготовителей относятся к числу самых дорогих.

Использование централизованных комплексов, позволит значительно сэкономить на реконструкции, отказавшись от замены существующих терминалов, сохранив все функциональные достоинства дорогих типоразмерных устройств РЗиА.

Централизованный комплекс РЗиА

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

Связь между центральным микропроцессором

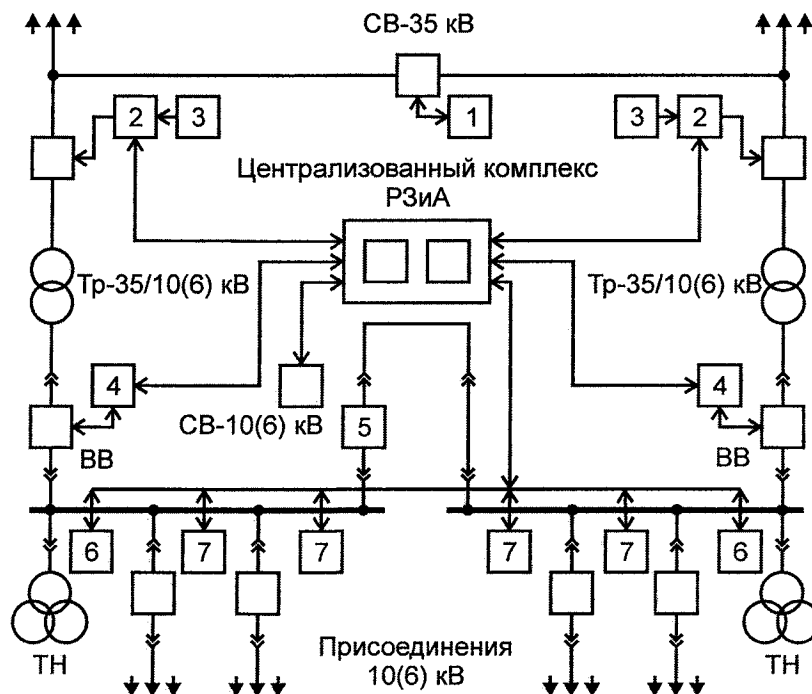


Рис. 1. Структурная схема централизованного комплекса.

Цифрами обозначены микропроцессорные терминалы РЗиА: 1 – секционного выключателя 35 кВ (при его наличии), 2 – резервной защиты трансформатора 35/10(6) кВ, управляющий выключателем на стороне высокого напряжения, 3 – основной защиты трансформатора 35/10(6) кВ, 4 – вводного выключателя 10(6) кВ, 5 – секционного выключателя 10(6) кВ, 6 – трансформатора напряжения 10(6) кВ, 7 – отходящего присоединения 10(6) кВ

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 с;
- 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.

Алгоритмы централизованного комплекса РЗиА

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

Чтобы функции РЗиА централизованного комплекса в целом удовлетворяли требованиям ПУЭ, ПТЭ и НТП, 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;
- 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 ПУЭ для защиты шин с двухсторонним направлением мощности. Выполнение алгоритмов ДЗШ, АЧР/ЧАПВ позволяет отказаться от отдельных микропроцессорных устройств, реализующих данные функции при традиционном выполнении РЗиА 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 [2, 3].

Реализация алгоритмов централизованного комплекса на компьютерной модели

Для исследования режимов работы централизованного комплекса РЗиА с целью проверки адекватности алгоритмов центрального микропроцессора, соответствия параметров селективности, быстродействия и чувствительности комплекса требованиям ПУЭ, ПТЭ, НТП, 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 Электроштит» оснащенная комплектными устройствами РЗА серии Sepam производства Schneider Electric. Модель построена по модульному принципу (рис. 2) 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 [4].

Результаты, полученные на модели, позволяют сделать вывод о том, что централизованный комплекс РЗиА, состоящий из «простых» микропроцессорных защит и центрального микропроцессорного устройства противоаварийного управления снабженного разработанными алгоритмами, полностью соответствует требованиям ПУЭ, ПТЭ

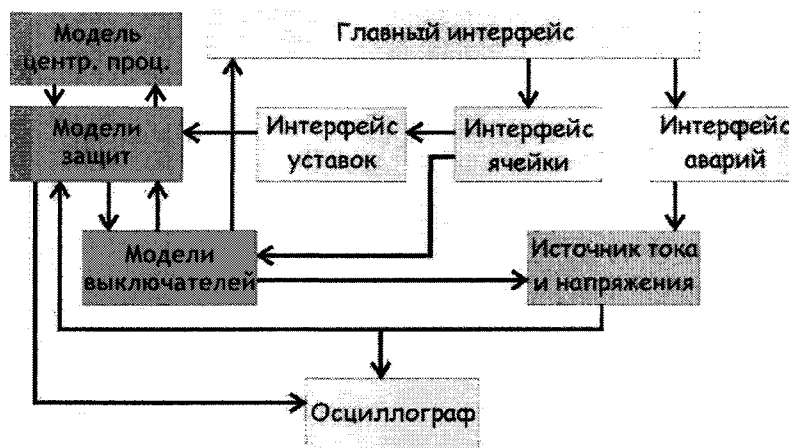


Рис. 2. Структура модели

и НТП по параметрам селективности, быстродействия и чувствительности.

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 ПУЭ, ПТЭ и НТП для всех режимов работы подстанции.

3. 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. Садовников, А.Н. Сравнительный анализ современных цифровых защит 6–35 кВ / А.Н. Садовников // Вестник УГТУ-УПИ №12, 2004.
2. Гольдштейн, М.Е. Исследование несинхронного автоматического повторного включения в распределительных электрических сетях с газотурбинными установками / М.Е. Гольдштейн, А.Н. Садовников // Вестник ЮУрГУ. Серия «Энергетика». – 2004. – Вып. 4. – №1(30).
3. Гольдштейн, М.Е. Влияние алгоритмов РЗА на величину электродинамических нагрузок на валу ГТУ, работающей в «удаленном» узле энергосистемы / М.Е. Гольдштейн, А.Н. Садовников // Энергетика, экология, энергосбережение, транспорт. Труды второй международной научно-технической конференции. Часть 1. – Тобольск. Новосиб. гос. акад. водн. трансп., 2004.
4. Садовников, А.Н. Компьютерная модель релейной защиты и автоматики комплектной трансформаторной подстанции / А.Н. Садовников // Вестник ЮУрГУ. Серия «Энергетика». – 2002. – Вып. 2 – №7(16).
5. Свидетельство об отраслевой регистрации разработки № 9693. Модель релейной защиты и автоматики двухтрансформаторной подстанции / А.Н. Садовников // Телеграф отраслевого фонда алгоритмов и программ. Инновации в науке и образовании. № 12 (35).

Андреев Алексей Николаевич, к. т. н., доцент кафедры «Электрические станции, сети и системы». Окончил ЮУрГУ в 2000 г. Научные интересы связаны с микропроцессорными системами управления и защиты.

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