

УДК 65.011.56

Методическое и техническое обеспечение для обучения основам организации автоматизированных систем управления оборудованием подстанций

Ю. П. Гусев,

НИУ МЭИ, заведующий кафедрой «Электрические станции», кандидат технических наук, доцент

А. М. Поляков,

НИУ МЭИ, кафедра «Электрические станции», кандидат технических наук, доцент

А. В. Трофимов,

НИУ МЭИ, кафедра «Электрические станции», кандидат технических наук, доцент

На кафедре «Электрические станции» МЭИ разработан специализированный полигон подготовки персонала для проектирования, наладки и эксплуатации объектов интеллектуальных электроэнергетических систем. Представлено техническое оснащение полигона с автоматизированной системой управления электротехническим оборудованием электростанций и подстанций на базе современных микропроцессорных программно-технических комплексов. Система реализована в соответствии со стандартом МЭК 61850.

Ключевые слова: автоматизированные системы управления технологическими процессами, системы автоматизированного проектирования, моделирование, управление режимами работы электрооборудования.

Основной современной тенденцией в электроэнергетике является переход от традиционных средств релейной защиты, автоматики, системы управления коммутационных аппаратов к микропроцессорным устройствам, образующим систему автоматизированного управления электротехническим оборудованием (АСУ ЭТО). При этом АСУ ЭТО не только усложнились, но и взяли на себя дополнительные функции, такие как оперативные блокировки коммутационных аппаратов, автоматизированное проведение оперативных переключений, мониторинг состояния электрооборудования. В настоящее время в большей степени проработаны вопросы автоматизации подстанций, что позволяет рассматривать в ближайшем будущем переход к полностью автоматическому управлению – созданию «цифровой» подстанции.

В связи с усложнением систем управления появляется необходимость в подготовке и переподготовке специалистов энергетиков в области проектирования, наладки и эксплуатации таких систем. Важным моментом при обучении специалистов является отработка практических навыков при работе с реальным оборудованием, возможность воспроизведения нормальных и аварийных режимов работы оборудования.

Для практического изучения современных АСУ ЭТО на кафедре «Электрические станции» МЭИ был создан специализированный учебно-исследовательский полигон, соответствующий современным требованиям и тенденциям с точки зрения принципов организации АСУ ЭТО, использующий новейшее

техническое и программное обеспечение, имеющий широкую номенклатуру интеллектуальных электронных устройств (ИЭУ) разных производителей для работы с различными видами электрических присоединений, оснащенный как реальным первичным оборудованием, так и физическими и математическими моделями, и использующий типовые конструктивы щитовых устройств. Полигон обеспечивает возможность подготовки специалистов не только для создания и эксплуатации интеллектуальных электрических сетей, но и для проведения научно-исследовательских работ по АСУ ЭТО [1–4].

Структура полигона

На рис. 1 приведён фрагмент полигона АСУ ЭТО с микропроцессорными терминалами защит и серверной частью. Объектом управления является электроустановка, состоящая из распределительных устройств различных напряжений: 0,4 кВ собственных нужд переменного тока, щита постоянного тока, комплектного распределительного устройства напряжением 10 кВ переменного тока (используются устройства, применяющиеся на современных электростанциях и подстанциях). Для имитации работы коммутационных аппаратов РУ напряжением свыше 10 кВ разработаны специальные схемы на контакторах и реле. Важной частью полигона являются испытательные комплексы для релейной защиты и автоматики РЕТОМ-61, обеспечивающие имитацию работы измерительных трансформаторов, дискретных входных и выходных. Это позволяет воспроизводить реальные ситуации при управлении электроустановкой.



Рис. 1. Фрагмент полигона АСУ ЭТО

Основой АСУ ЭТО является программно-технический комплекс, оборудование которого в соответствии со сложившимися подходами можно условно разделить на два уровня. К верхнему уровню – уровню подстанции относятся средства хранения и представления информации, средства локальной вычислительной сети (Ethernet), автоматизированные рабочие места (оперативного персонала, службы РЗА, инженера службы АСУ, обслуживающего и эксплуатационного персонала). К нижнему (полевому) уровню относятся устройства, которые непосредственно связаны с объектом управления. С их помощью обеспечивается сбор информации и выдача команд управления, необходимых для функционирования подсистем и реализации всех функций АСУТП. На нижнем уровне используется набор специализированных или многофункциональных интеллектуальных электронных устройств (ИЭУ). Информация от них поступает на верхний уровень посредством цифровых сетей.

Техническое обеспечение АСУ ЭТО

Для управления различными видами электрооборудования используются соответствующие виды ИЭУ. Для расширения образовательного и исследовательского спектра в АСУ ЭТО используются ИЭУ различных производителей: универсальные контроллеры с модулями УСО WAGO-750 и AC800M; устройства управления и защит присоединений до 35 кВ ВМРЗ и SEPAM. Для более сложных присоединений разработаны шкафы: шкаф защит и управления линией (на базе терминалов защит REL650 и управления REC670); шкаф защит и управления блочного трансформатора (на базе терминалов защит RET650 и управления REC650); шкаф защит блока генератор-трансформатор (на базе терминала защит REG670) и трансформатора собственных нужд.

Следует отметить, что в разрабатываемых АСУ ТП крупных подстанций в соответствии с требованиями ФСК информационный обмен между средствами АСУ ТП должен осуществляться в соответ-

ствии со стандартом МЭК 61850 по высокоскоростной сети Ethernet. Однако в настоящее время используется большое количество ИЭУ, поддерживающих другие традиционные стандарты цифровых протоколов (MODBUS, МЭК 60870-5-101/104), поэтому средства верхнего уровня должны поддерживать различные протоколы.

Верхний уровень АСУ ЭТО полигона также выполнен на основе оборудования, применяемого на реальных объектах. Это дублированные сервера связи на основе безвентиляторных промышленных компьютеров, сетевые коммутаторы Ethernet, поддерживающие кольцевую резервируемую структуру сети с протоколом МЭК 61850, серверы последовательных интерфейсов.

Программное, информационное и алгоритмическое обеспечение

Разработку прикладного программного обеспечения АСУ ТП можно условно разделить на несколько частей.

1. Программирование ИЭУ. Обычно для программирования микропроцессорных устройств защит и управления используются специализированные программные средства от производителя. Программирование контроллеров в большинстве современных ПТК ведется на специализированных технологических языках программирования стандарта МЭК 61131-3.

2. Программирование верхнего уровня для организации АРМ оперативного персонала. Для этих целей используются SCADA-системы, включающие набор средств для создания пользовательского интерфейса. Использование стандартных протоколов позволяет применять программное обеспечение различных производителей.

3. Средства организации цифрового обмена. В частности, при использовании стандарта МЭК 61850 средства работы с языком конфигурирования подстанций (SCL).

Важнейшей частью современных интеллектуальных АСУ является прикладное программное обеспечение, ориентированное на оптимизацию эксплуатации основного оборудования.

Использование полигона

Естественно, что одной из основных задач полигона АСУ ЭТО является подготовка специалистов в условиях, максимально приближенных к реальным. Это касается и эксплуатационного персонала, который может осуществлять местное и дистанционное управление электроустановкой с анализом реакции оборудования, и разработчиков АСУ ЭТО, которые могут изучить схемотехнику реального оборудования, принципы и алгоритмы взаимодействия основных подсистем.

Для обучения эксплуатационного персонала планируется решить весьма трудоёмкую задачу – разработать методическое обеспечение и модели процессов управления реальным оборудованием. Рассмотрим одну из моделей процесса управления оборудованием.

Разработка модели и методического обеспечения

Одной из типовых задач, решаемых в рамках АСУ ТП подстанций, является определение места повреждения линий электропередачи. Данная функция является штатной для терминала защиты линии REL650, используемого в рамках полигона для реализации защит линии 110 кВ, и взята за основу одной из моделируемых нештатных ситуаций для процесса обучения.

Моделируемая ситуация охватывается большинство аспектов работы с ИЭУ в реальных условиях эксплуатации электроустановки: от возникновения повреждения до анализа произошедшего аварийного события. При этом обучающиеся проходят следующие этапы работы с электроустановкой: сбор электрической схемы; ввод параметров, необходимых для моделирования режима; непосредственно моделирование режима и слежение за срабатыванием ИЭУ; просмотр регистратора аварийных событий через специализированное программное обеспечение; анализ полученных записей на предмет определения вида повреждения и места повреждения с сопоставлением с заданными параметрами.

На этапе подготовки к моделированию нештатной ситуации устройство РЕТОМ подключается к терминалу защит линии и для правильного воспроизведения работы ИЭУ настройки РЕТОМ приводятся в соответствие с уставками ИЭУ. На этом этапе обучающийся знакомится с основными возможностями устройства РЕТОМ и его программного обеспечения, с принципами организации конструкции терминалов и схемой подключения, приведенной на рис. 2, настройками ИЭУ в плане согласования первичных и вторичных величин. На стадии параметризации происходит ознакомление с уставками ИЭУ, в том числе уставками функции ОМП, и вводом необходимых настроек в программное обеспечение РЕТОМ – «RL-модель энергосистемы» (рис. 3), позволяющее имитировать токами и напряжениями на выводах ИЭУ короткое замыкание различного вида на некоторой длине линии. В настройках программы задаются параметры короткого замыкания, режима работы энергосистемы и параметры линий (рис. 4).

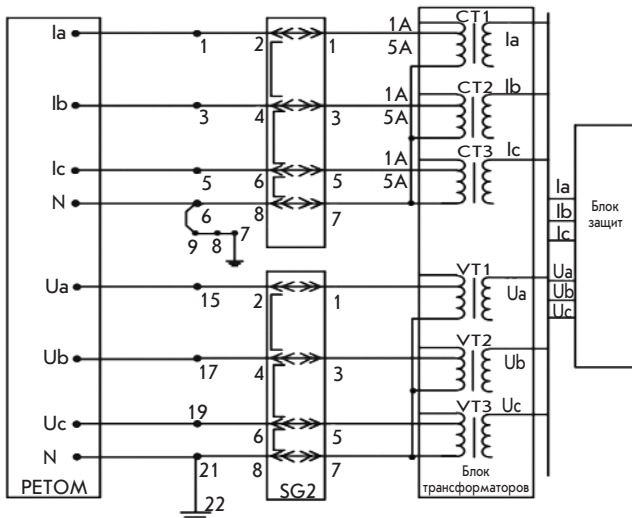


Рис. 2. Схема подключения РЕТОМ к блоку REL650

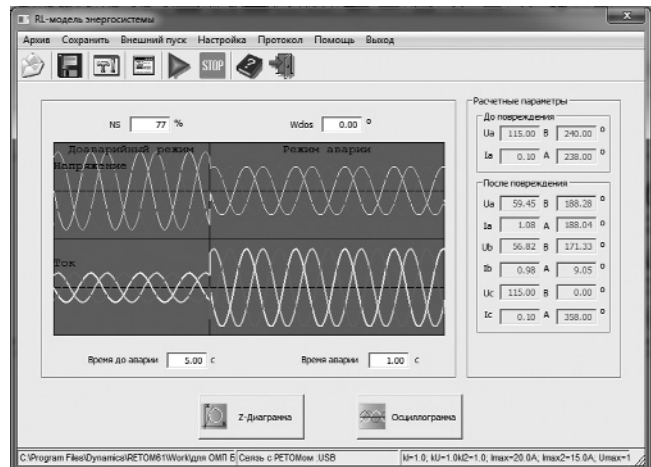


Рис. 3. RL-модель энергосистемы в ПО РЕТОМ

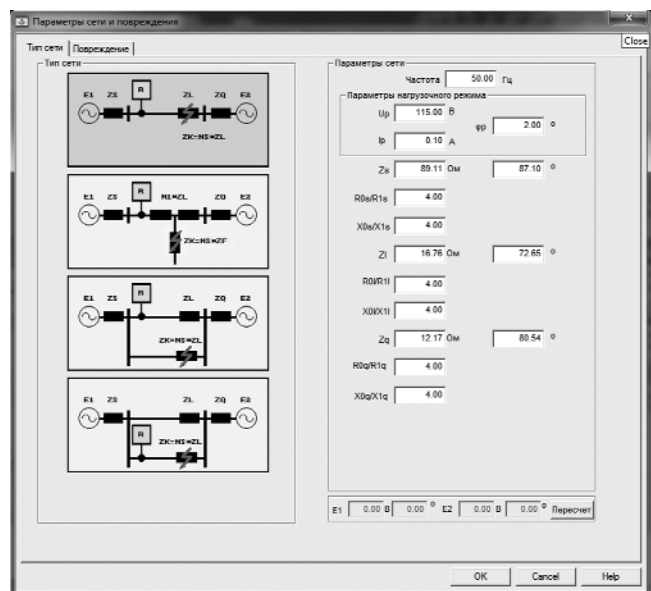


Рис. 4. Параметры сети и повреждения ПО РЕТОМ

На следующем этапе происходит непосредственно моделирование удаленного короткого замыкания. Данный процесс быстротечен, последствия ситуации фиксируются ИЭУ. На данном этапе обучающиеся знакомятся с возможностями оперативной индикации, присутствующей в ИЭУ, списком событий, записью регистратора аварийных событий. Учатся получать краткую информацию о произошедшем событии и, в том числе, о месте повреждения линии, сравнивают полученную информацию с заданными параметрами в ПО РЕТОМ.

Следующий этап – детальный анализ произошедшей ситуации. Для этого при помощи инженерного ПО для ИЭУ фирмы АВВ – РСМ600, взаимодействующим с ИЭУ по сети, либо через порт связи, находящийся на передней панели интеллектуального устройства, осуществляется просмотр детальной информации, полученной регистратором аварийных событий. На данном этапе обучающиеся получают основные сведения о ПО РСМ600 и приобретают навы-

ки работы по загрузке проектов, их согласованию с имеющейся текущей конфигурацией ИЭУ, просмотру конфигурации проектов, а также получению информации из регистратора аварийных событий и её просмотра через встроенную в РСМ600 утилиту.

Обучающийся получает и анализирует следующие сведения об аварийном событии:

- общие данные о повреждении (время и дата события, данные системы, длительность записи и т. п.);
- данные о месте повреждения (контур повреждения, место повреждения, направление);
- значения аналоговых величин до и после повреждения;
- информация о дискретных каналах;
- осциллограммы предшествующего и аварийного режимов (рис. 5);

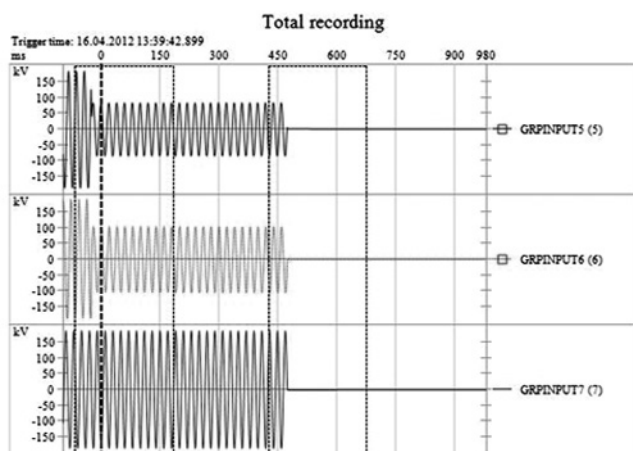


Рис. 5. Осциллограммы режимов

– векторные диаграммы (рис. 6).

По данной информации обучающиеся учатся идентифицировать произошедшую нештатную ситуацию, определяют вид и место короткого замыкания, отслеживают работу защит и коммутационных аппаратов.

Техническое обеспечение полигона является лишь необходимой основой для проведения обучения, а для эффективного обучения дополнительно необходимо методическое, программное и информационное обеспечение по моделированию ситуаций, приближенных к реальным условиям, что является отдельной сложной научно-технической задачей. В любом случае учебно-исследовательский полигон АСУ ЭТО кафедры «Электрические станции» МЭИ представляет собой современную высокотехнологичную установку, которая позволяет проводить подготовку специалистов электроэнергетиков в области автоматизации электрических станций и подстанций специалистов, которые способны решать задачи инновационного развития электроэнергетики.

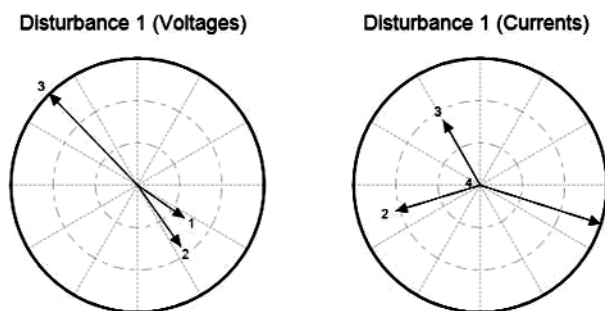


Рис. 6. Векторные диаграммы повреждения

Литература

1. Бородкин А. А., Гусев Ю. П., Трофимов А. В. Лабораторный комплекс для изучения АСУ электроустановок // Современные технологии автоматизации. – 2009. – № 4. – С. 64–67.
2. Трофимов А. В. Управление электродвигателями собственных нужд в АСУ электроустановок. – М.: Из-во МЭИ, 2011. – 112 с.
3. Гусев Ю. П., Поляков А. М., Трофимов А. В. Учебно-исследовательский полигон АСУ электроустановок // Энергоэксперт. – 2011. – № 3. – С. 54–58.
4. Гусев Ю. П., Монаков Ю. В., Чо Г. Ч. Предотвращение срабатываний дискретных входов микропроцессорных релейных защит при замыканиях на землю в системах оперативного постоянного тока // Энергоэксперт. – 2011. – № 5. – С. 26–33.

Methodological and technical support for training Substation Automation System

Yu. P. Gusev,
MEI, head of the “Electric stations” department, PhD, lecturer

A. M. Polyakov,
MEI, “Electric stations” department, PhD, lecturer

A. V. Trofimov,
MEI, “Electric stations” department, PhD, lecturer

The experience of the Department "Electric Stations" MPEI for the development and creation of a dedicated test site training for the design, installation and operation of smart power systems. Technical equipment is considered a polygon with substation automation system based on modern microprocessor software and hardware systems. Substation automation system is implemented in accordance with IEC 61850.

Keywords: substation automation system, computer-aided design, training, intelligent electronic devices.