

незалежних постачальників електроенергії недискримінаційного доступу до інфраструктури. Отже, радикальні перетворення в електроенергетиці стали світовою тенденцією. Однак світовий досвід свідчить також про зниження останнім часом ефективності енергетичних реформ, що пов'язане з властивою вільним ринкам потенційною можливістю виникнення дисбалансу між корпоративними інтересами учасників ринків та національними інтересами енергетичної безпеки держав.

1. *Тенденции* развития мировой электроэнергетики (Ч.1) — Анализ результатов реформы электроэнергетики и предложенный по росту ее эффективности. Аналитический доклад. ИПЭМ. М.: 2013. — http://www.perspektivy.info/rus/ekob/tendencii_razvitija_mirovoj_elektroenergetiki_ch_1_2013-11-22.htm—2016.15.01
2. *Тенденции* развития мировой электроэнергетики (Ч. 2) — Анализ результатов реформы электроэнергетики и предложенный по росту ее эффективности. Аналитический доклад. ИПЭМ. М.: 2013. — http://www.perspektivy.info/rus/ekob/tendencii_razvitija_mirovoj_elektroenergetiki_ch_2_2013-11-22.htm—2016.15.01
3. *Енергетична стратегія ЄС* — Вікіпедія — uk.wikipedia.org/wiki/Енергетична_с... копия —2016.15.01
4. *Энергетическая стратегия ЕС до 2030 года*- Источник: <http://www.foreignpolicy.ru/analyses/energeticheskaya-strategiya-es-do-2030-goda/>—2016.15.01
5. *Энергетическая стратегия России до 2030 года*, - http://locus.ru/library/stati_po_energetike/1028/page/1 (утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 13 ноября 2009 г) -2016.15.01

Поступила 19.09.2016 р.

УДК 004.9 : 621.039.56

О.П. Нетлюх, м. Київ

ОРГАНИЗАЦИЯ РАЗРАБОТКИ СИТУАЦИОННОГО ТРЕНАЖЕРА ПОДСТАНЦИИ

Abstract. We propose stages of the technologies to construct situational simulators for personnel of power enterprises and develop the technology of designing situational simulators using the principles of model programming in Authorware, where the effective structure of such simulators are scenario-simulation framework.

Для обеспечения эффективной подготовки (особенно в противоаварийных тренировках) тренажер персонала подстанции должен включать элементы как режимного характера, так и оперативных переключений.

Представленные задачи могут быть реализованы на универсальных тренажерах оперативных переключений, которые позволяют имитировать оперативную деятельность во всех эксплуатационных режимах подстанции, максимально приближая ее к реальной обстановке и обеспечивая возможность имитации нормальных, аварийных и послеаварийных режимов. Они также имитируют системы отображения информации диспетчеру и электромонтеру, управления имитационной моделью в командах и терминах оперативно-диспетчерского управления; отрабатывают взаимодействия оперативно-диспетчерского персонала с электромонтерами по месту; формируют сценарии проведения тренировок; служат для контроля и оценки деятельности персонала в ходе тренировочного учения.

Перспективной формой реализации универсальных тренажеров оперативных переключений следует считать распределенные режимные тренажеры с гибкими сценариями тренировок; объединяющие обучаемого (обучаемых: диспетчер ОДС, ОВБ и ДЭМ); с возможностью отображения режимной ситуации, перечня отказавших комплексов защит, автоматики и телемеханики; с подготовкой запросов и ответов в оперативных телефонных переговорах; с отображением инструктору коммутационных схем, параметров режима подстанции в ходе тренировки; с автоматическим ведением протокола тренировки; с вводом и исполнением команд инструктора по изменению состояния: модели, останов и запуск модели; с воспроизведением процессов в модели, включая содержание телефонных переговоров в ходе тренировочного учения для разбора и оценки действий персонала. Оценка действий осуществляется инструктором по ряду параметров, например, общему времени восстановления питания, количеству операций со схемами, числу телефонных переговоров и запросов справочного и инструктивного материала.

При разработке и реализации тренажеров персонала подстанции нужно учитывать:

- обеспечение возможности быстрого тиражирования при одновременном учете специфики реальных объектов управления (ОУ);
- снижение стоимости тренажеров при одновременном улучшении их функциональных характеристик;
- возможность автоматизации соответствующих процессов при разработке методики построения тренажеров, моделей ОУ и организации их функционирования;
- методику построения тренажеров оперативных переключений, позволяющую обеспечить выполнение этих работ специалистами, не имеющими навыков программирования.

Этапы технологии разработки ситуационного тренажера

Разработка тренажера начинается с анализа деятельности специалиста в составе человеко-машинной системы, для которого будет предназначен создаваемый тренажер.

Тренажер должен отображать в понятном для тренируемого виде условия его рабочего места, причем, по возможности, как внешний вид (обстановку), так и элементы управления и элементы вывода информации. Далее будет рассматриваться в качестве устройства отображения для тренажера дисплей компьютера, на экране которого и отображается УИМ объекта со всеми необходимыми для тренировки элементами ввода и вывода информации.

Отображение условий рабочего места является основой анализа деятельности специалиста. Компоненты деятельности для сложных объектов типа энергоблока обычно представлены в инструкциях по эксплуатации, но эти инструкции недостаточно подробны и часто содержат много ошибок. В процессе реальной эксплуатации объекта деятельность по управлению может изменяться, но эти изменения в инструкции не всегда заносятся. Поэтому для уточнения элементов деятельности необходимо проводить работу со специалистами.

На тренажере обычно реализуют возможность выполнения наиболее важной части деятельности. Эти составляющие нужно определить и согласовать с заказчиком. Каждый компонент деятельности должен иметь цель, условия начала и окончания его. Компоненты деятельности могут быть представлены в виде планов действий [1, 3, 4].

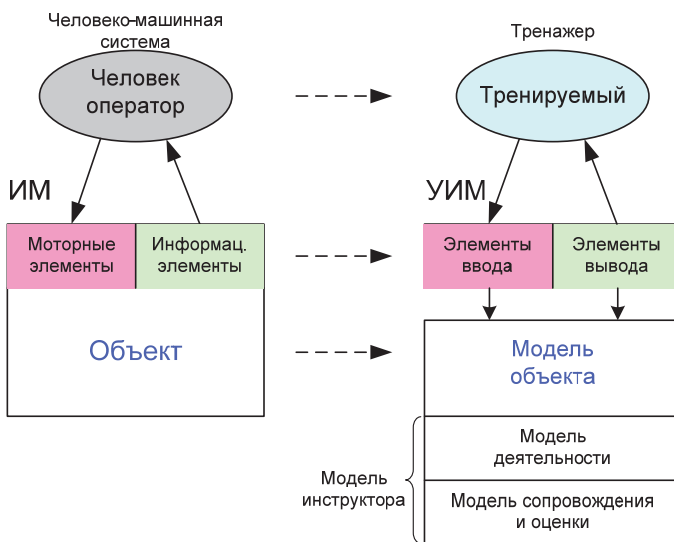


Рис. 1. От человеко-машинной системы к тренажеру

В соответствии с ГОСТом тренажер в энергетике определяется как имитатор объекта плюс инструктор, сопровождающий и оценивающий

тренировку. Моделью инструктора, состоящей из модели оценки и сопровождения тренировки, можно дополнить модель тренажера. Основой модели оценки и сопровождения тренировки является модель деятельности, включенная в модель тренажера для управления учебным процессом.

Путь к созданию модели ситуационного тренажера лежит в формировании диалога тренируемый–тренажер в виде модели диалога, т.е. некоторой формальной спецификации взаимодействия тренируемого и проектируемого тренажера. Ситуационный тренажер строится на основе автоматной модели. Ситуации (состояния) модели, отображаемые элементами ввода информационной модели, реализуются с помощью набора взаимо-действующих автоматов.

В тренажере тренируемому соответствует человек-оператор человеко-машинной системы (ЧМС). УИМ строится на основе ИМ, модель деятельности строится на основе описания деятельности в виде ПД, имитационная модель объекта – на основе описания диалога тренируемый-тренажер, а диалог базируется на описании деятельности и структуре УИМ.

Перечислим основные этапы создания дисплейного ситуационного тренажера [1]:

1. Определение цели, задач и организации учебного процесса для тренажера.
2. Сбор исходных данных.
 - Представление рабочего места (фотографии, тексты).
 - Текстовое описание деятельности (тексты, инструкции).
3. Разработка учебной информационной модели.
 - Определение набора кадров.
 - Определение иерархии объектов на каждом кадре.
 - Для кадров и объектов размещение элементов ввода и полей вывода.
 - Добавление кадров, объектов, полей и элементов вывода, связанных с организацией учебного процесса.
4. Разработка описания деятельности в виде ПД.
5. На основе ПД и структуры УИМ разработка описания диалога в виде модели диалога.
6. Разработка автоматной модели тренажера на основе модели диалога.
7. Компьютерная реализация УИМ на основе кадров и элементов управления.
8. Разработка компьютерной модели тренажера по технологии модельного программирования с обеспечением связи элементов управления УИМ (ввода и вывода) с моделью.

Наиболее сложной задачей при создании тренажера является создание для него модели функционирования объекта. Для решения этой задачи необходима разработка и декомпозиция УИМ (этап 3), описание деятельности (этап 4), описание диалога работы на тренажере (этап 5).

Ситуационные тренажеры подстанций созданные средствами Authorware

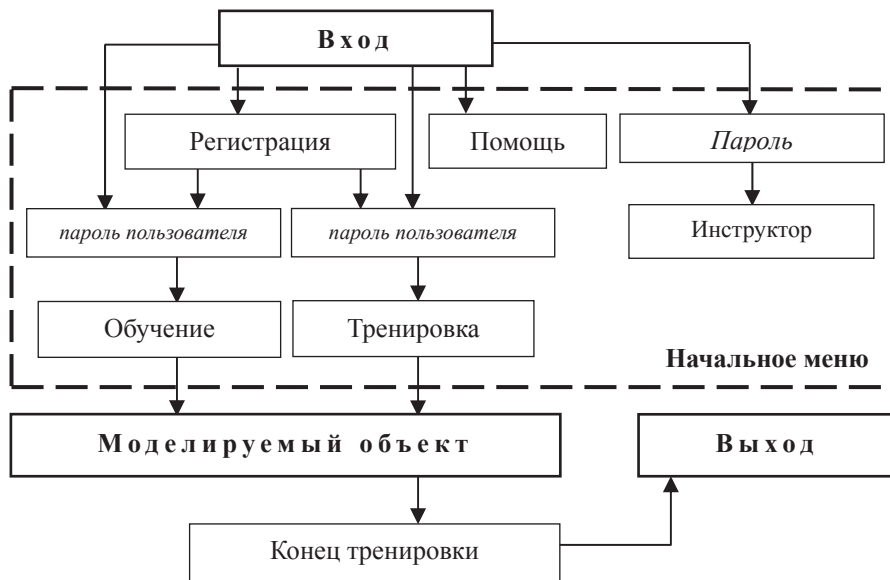


Рис. 2. Блок-схема структуры тренажера

Ситуационные тренажеры, созданные средствами Authorware, имеют общую структуру, показанную на рис.2. Эта структура состоит из регистрации, определенного набора тренировок, окна инструктора, помощи по тренажеру. Зарегистрировавшись, выбрав тренировку, мы попадаем на моделируемый объект (например, электрическую подстанцию), на котором отрабатываем оперативные переключения соответственно бланкам переключений или ликвидируем аварийный режим.

Тренажер обеспечивает:

- Учебу, подготовку и переподготовку оперативного персонала.
- Поддержку навыков и умений оперативного персонала.
- Проверку (тестирование) оперативного персонала, в том числе его умение управлять оборудованием в сложных режимах с соблюдением требований ПТЕ, ПБЕЕ и других нормативных документов.
- Проведение противоаварийных тренировок.
- Проведение соревнований и конкурсов на профессиональное мастерство.

Тренажер предоставляет возможность ознакомиться с реальным оборудованием подстанции, а также приобрести навыки работы с ним как при нормальных режимах работы, так и при разных аварийных ситуациях с соблюдением требований ПТЕ, ПБЕЕ и других нормативных документов.

Объем моделирования (*моделируемый объект*) составляет конкретное оборудование подстанции, например: открытое распределительное устройство (ОРУ) подстанции, закрытые панели управления (ЗПУ), крытое распределительное устройство напряжения (КРУН-6КВ), и тренажер оперативных переключений (ТОП) подстанции для отладки с соответствием с оперативной схемой.

Для повышения квалификации и оперативной готовности дежурного персонала в тренировках есть возможность использовать два метода: метод жестких планов («сценариев») тренировок и метод свободного выполнения операций, ограниченного только действием общих правил переключений. В тренажере заложена возможность работы в двух режимах – «Обучения» и «Тренировки». Чаще всего в последнее время применяется метод свободного выполнения операций.

В *режиме «Обучения»* предоставляется возможность проведения плановых обзоров и оперативных переключений согласно с заданием инструктора. Правильность выполнения оперативных переключений контролируется инструктором по конечному протоколу. Программа фиксирует в протоколе только ошибки, допущенные работником, считающиеся таковыми соответственно нормативным документам [16, 26, 27], и прекращает тренировку при выполнении операций, которые могли бы привести к несчастному случаю или повреждению оборудования, а также во время учебы комментирует допустимые ошибки.

В *режиме «Тренировки»* (противоаварийные тренировки) заложены аварийные ситуации, которые дежурный персонал должен ликвидировать. Правильность выполнения действий обучаемого контролируется инструктором по конечному протоколу. Программа фиксирует в протоколе лишь ошибки, допущенные персоналом, считающиеся таковыми согласно нормативным документам [5, 6, 7], прекращает тренировку при выполнении операций, которые могли бы привести к несчастному случаю или повреждению оборудования. Правильность последовательности операций программа проверяет в соответствии с эталонным протоколом.

Данный компьютерный тренажер по подготовке персонала подстанции может содержать несколько рабочих мест (рис.3).

После выбора режима и входа в тренировку обучаемый сразу попадает на рабочее место (диспетчера ОДС или ОВБ – в соответствии с зарегистрированной должностью работника). Ознакомившись с начальным состоянием оборудования обучаемый приступает к выполнению задания.

Разработка структуры тренажера

Общая структура ситуационного тренажера представлена на рис. 2. Сначала мы попадаем в начальное меню, которое состоит из регистрации, помощи, инструктора и двух режимов тренировки («Обучение», «Тренировка»). После выбора тренировки переходим на наш моделируемый объект: подстанцию 110/6 кВ (рабочее место ОВБ, рис. 3) или диспетчерскую (рабочее место ОДС, рис. 3).




Рис. 3. Пример окон рабочего места ОВБ и диспетчера ОДС

Моделируемый объект (подстанцию) представим в виде дерева, блок-схемы, которая покажет объем моделируемого оборудования. Исходя из количества моделируемого оборудования и мнемосхемы подстанции (ТОП) можно определить количество подсценариев, узлов сценариев (УСц), которые будут составлять наш тренажер подстанции. Проанализировав коммутационные компоненты подстанции (трансформаторы, выключатели, разъединители и т.п.), а также другие вспомогательные элементы и подсистемы (инструменты, связь, журналы, панели, ячейки), описываем и создаем соответствующие переменные.

При подготовке к созданию отображения подстанции классифицируем элементы, подсистемы; нужно предусмотреть все возможные кадры моделирования, собранные из них элементы и подсистемы. В результате анализа исходного материала строим дерево-библиотеку на основе FW-структуры, предусмотрев навигацию между элементами FW.

Дерево структуры с элементами УСц и подсистемами показано на рис. 4. Переходим к следующему этапу построения ситуационного тренажера: страницы (наши элементы, подсистемы) FW-структуры наполняем соответственным контентом, строим модель кадра тренажера (УСц)

Выделим основные моменты разработки ситуационного тренажера для энергообъектов:

- сценарий формируется из узлов сценария; в качестве узла сценария используется настраиваемый типовой узел сценария на основе элемента Interactive (IA, ) с подключаемыми к нему элементами ввода, вывода, калькуляций;
- каждому узлу сценария может соответствовать одна модель функционирования;
- распределенную модель узла желательно не использовать, а если использовать, то по описанным рекомендациям [8÷11];

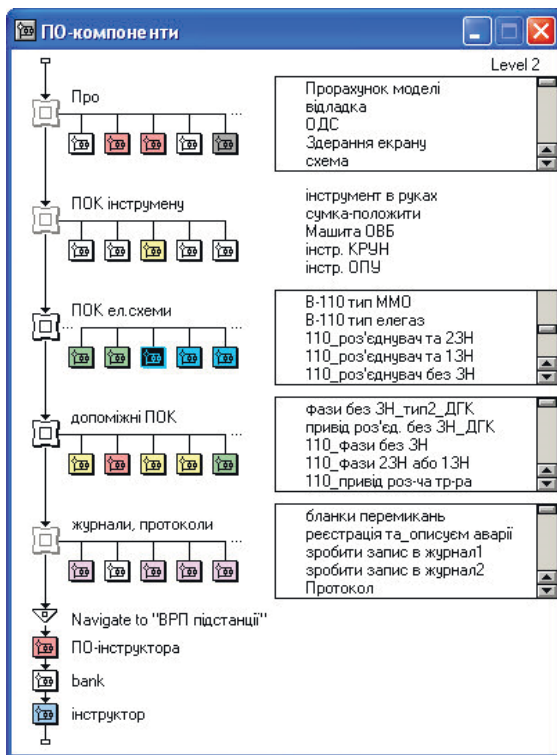



Рис. 4. Дерево-структура ПО-компонентів, УСц

- в структурі вузла передбачається можливість переходу в інші вузли як «вперед» («нові» вузли), так і «назад», тобто в раніше виконані вузли. Переходи забезпечує метод на основі іконки Framework (FW, );
- сценарій може включати підсценарії, тобто деякі його частини, які вирішують окремі завдання програми або виконуються багаторазово з різних місць основного сценарія;
- виділяємо основні підсценарії на основі мнемосхеми і блок-схеми підстанції, будуємо дерево-структуру з допомогою FW, см. рис. 4;
- тип використовуваних змінних – списки з властивостями, які дають можливість легко додавати (видаляти) властивості ПО-компонентів;
- побудова комп'ютерних моделей переключень як комутаційних структур робимо з допомогою формульного визначення наявності

напряжений в узлах и токов в компонентах таких коммутационных структур, при этом сделав декомпозицию графа;

- на разработку сложного тренажера подстанций с использованием адаптированной среды Authorware тратится не больше полугода.

Перечисленные основные моменты разработки ситуационных тренажеров обеспечили возможность быстрого тиражирования, снизив стоимость тренажеров при одновременном улучшении функциональных характеристик, а главное – адаптация среды Authorware обеспечила выполнение построения тренажеров оперативных переключений специалистами, не имеющих значительных навыков программирования.

Выводы

Повышение эффективности подготовки персонала подстанции вызвано необходимостью обеспечения безопасной эксплуатации, как самих подстанций, так и электросети в целом. Решением данной проблемы является создание ситуационного тренажера для подготовки оперативного персонала облэнерго.

Разработана структура компьютерного тренажера подстанции, позволяющая осуществлять профессиональную подготовку как одного человека, так и одновременно группы обучаемых (ОДС, ОВБ, ДЭМ), которые должны оперативно взаимодействовать друг с другом.

Разработанная методология дала возможность быстрого тиражирования, снизила стоимость тренажеров при одновременном улучшении функциональных характеристик, а главное – адаптация среды Authorware обеспечила выполнение построения тренажеров оперативных переключений специалистами, не имеющими навыков программирования.

1. *Самойлов В.Д.* Модельное конструирование приложений/ В.Д.Самойлов. – К.: Наукова думка НАН України, 2007. – 198 с.
2. *Гультяев А.* Macromedia Authorware 6.0. Разработка мультимедийных учебных курсов / А. Гультяев. – М.: Учитель и ученик : КОРОНА принт, 2002. – 400 с.
3. *Прокопенко А.* Результаты разработки и освоения тренажерных средств подготовки оперативного персонала энергоблоков / А. Прокопенко [и др.] // Энергетик. – 1983. – №7. – С. 9-11.
4. *Чачко А.Г.* Подготовка оперативного персонала электростанций на основе планов действий / А.Г. Чачко, Н.С. Долгоносков, И.В. Ткачук. // Электрические станции. – М., 1984. – № 10. – С. 9-12.
5. Оперативные переключения в электроустановках. Правила выполнения. – К.: Энергопрогресс, 1998. – 101 с.
6. Правила улаштування електроустановок. ПУЕ // Правила. – К.: «Міністерство палива та енергетики України», ОЕП «ГРІФРЕ», 2009. – 708 с.
7. Технічна експлуатація електричних станцій і мереж. // Правила. – К.: «Міністерство палива та енергетики України», ОЕП «ГРІФРЕ», 2003. – 597 с.
8. *Юрчак О.П.* Класифікація типових бібліотечних елементів при побудові ситуаційних тренажерів в енергетиці / О.П. Юрчак // Матеріали щорічної науково-технічної конференції молодих вчених та спеціалістів. – К., 2006. – С. 17-18.

9. Юрчак О.П. Дослідження та оцінка побудови тренажерів засобами системи Authorware / О.П. Юрчак О.П. // Сучасні технології підготовки персоналу та управління кадрами : зб. наук. пр. – К., 2007. – Спеціальний випуск. – С. 106-111.
10. Самойлов В.Д. Модель коммутационной структуры подстанции / В.Д. Самойлов, О.П. Нетлюх // Электронное моделирование. – К., ИПМЭ им. Г.Е. Пухова НАНУ, 2010. – №1. – С. 77-88.
11. Самойлов В.Д. Сценарные структуры ситуационных тренажеров / В.Д. Самойлов, О.П. Нетлюх // Сучасні технології підготовки персоналу та управління кадрами : зб. наук. пр. – К., 2009. – Вип. 52. – С. 130-139.

Поступила 26.09.2016 р.

УДК 621.19:004.942(043.2)

О. В Дергунов, Ю.В. Куц, д.т.н., Л.М. Щербак, д.т.н., НАУ, Київ

ПРАКТИЧНЕ ЗАСТОСУВАННЯ ПЕРЕТВОРЕННЯ ГІЛЬБЕРТА-ХУАНГА ДЛЯ АНАЛІЗУ БАГАТОКОМПОНЕНТНИХ ЦИКЛІЧНИХ СИГНАЛІВ

Розглянуто застосування перетворення Гільберта-Хуанга для аналізу багатокомпонентних циклічних сигналів. Розроблене програмно-алгоритмічне забезпечення методу Гільберта-Хуанга може бути використано для широкого кола сигналів в енергетиці та неруйнівному контролі.

Ключові слова: перетворення Гільберта-Хуанга, емпірична модава декомпозиція, аналіз сигналів.

Рассмотрено использование преобразования Гильберта-Хуанга для анализа многокомпонентных циклических сигналов. Разработанное программно-алгоритмическое обеспечение метода Гильберта-Хуанга может быть использовано для широкого круга задач в энергетике и неразрушающем контроле.

Ключевые слова: преобразование Гильберта-Хуанга, эмпирическая модовая декомпозиция, анализ сигналов.

Application of Hilbert-Huang transform to analyze the multi-cyclic signals is presented. The developed software and algorithmic support of Hilbert-Huang method can be used for a wide range of signals in the energy analysis and non-destructive testing.

Keywords: Hilbert-Huang transform, empirical mode decomposition, signal analysis.

Вступ. Циклічні процеси різної фізичної природи (електричні, оптичні, акустичні тощо) породжують відповідні інформаційні циклічні сигнали, характеристики і параметри яких є об'єктами досліджень систем вимірювань