

В.А. Гуреев, г. Киев
О.В. Сангинова, г. Киев

МЕТОДЫ И СРЕДСТВА КОМПЬЮТЕРНОЙ СИСТЕМЫ ОБУЧЕНИЯ И ТРЕНАЖА (КСОТ) ПЕРСОНАЛА ОБЪЕДИНЕННОЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ УКРАИНЫ

Abstract. Some aspects of software of e-learning for all personnel who manage equipment of power systems of Ukraine in real time are considered. New methods and development tools, principles e-learning and examples of the implementation of its fragments are described.

Актуальность

Энергетика Украины в данный момент является одной из наиболее важных областей экономики, которая сегодня очень нуждается в быстром и эффективном реформировании. Реформированию подлежит не только система управления, модернизация или замена оборудования. В первую очередь это касается системы обучения и тренажа персонала, эксплуатирующего энергетическое оборудование объединенной электроэнергетической системы (ОЭС) Украины.

Постановка задачи

Недостаточная квалификация оперативно-диспетчерского персонала и катастрофическое состояние генерирующего, передающего и распределительного энергетического оборудования, вызванное износом и старением, может привести к возникновению и развитию самых разнообразных системных аварий в ОЭС Украины. Известно [1 - 3], что существует устойчивая взаимосвязь между уровнем квалификации оперативно-диспетчерского персонала и количеством аварий или технологических нарушений на энергетических объектах.

В настоящее время в энергетике Украины отсутствует должная техническая политика в области работы с персоналом, необходимая материально-техническая база обучения и тренажа, используются устаревшие инструкции и программы обучения, контроль качества квалификации персонала в целом осуществляется очень субъективно, нет стандартов обучения и тренажа. Назрела, как никогда, острая необходимость полноценной реформы всей системы работы с персоналом отрасли. В данной статье рассматриваются вопросы создания в стране иерархической компьютерной системы обучения и тренажа (КСОТ) всего персонала, осуществляющего управление энергетическим оборудованием ОЭС Украины в реальном времени. КСОТ ориентирована на использование распределенной модели ОЭС Украины и виртуальных технологий.

Принципы разработки и функционирования компьютерной системы обучения и тренажа персонала ОЭС Украины

КСОТ состоит из двух взаимосвязанных подсистем: обучающей подсистемы, предназначенной для реализации смешанной (очно-заочной) формы обучения и тренажерной подсистемы, ориентированной на развитие навыков ликвидации аварий. Обучающая подсистема может быть создана на базе быстро развивающейся технологии электронного обучения (e-learning) MOODLE [4]. Некоторые вопросы рассмотрены и решены в [5]. Инструментальные возможности MOODLE позволяют применять новейшие мировые достижения в области образования и создавать дистанционные курсы самого высокого качества.

В качестве подсистемы тренажа можно предложить полнофункциональный режимный тренажер для диспетчеров энергосистем ПОРТ [6], интегрированный в MOODLE, и позволяющий легко и быстро переключаться между процессами обучения (получение знаний) и практической работой по приобретению и развитию навыков ликвидации аварий с использованием полнофункционального тренажера ПОРТ. В ПОРТ использован метод расчета контурных токов для многоопорного варианта представления конфигурации сети. Рассмотрим кратко суть предложенного метода.

Для сложной электрической сети с n узлами, суммируя токи всех прилегающих ветвей j_i (меняется индекс i), к j -му узлу, можно легко получить следующую формулу для определения тока \dot{I}_j j -го узла (втекающего в узел j) в матричном виде:

$$[\dot{Y}_{ji}] \cdot [\dot{U}_j] = [\dot{I}_j], \quad (1)$$

где $[\dot{Y}_{ji}]$ – матрица проводимостей ветвей сети; $[\dot{U}_j]$ – вектор-столбец напряжений узлов сети; $[\dot{I}_j]$ – вектор-столбец токов узлов сети.

Если известны (заданы) мощности узлов \dot{S}_j , то формулу (1) можно представить в виде баланса мощности узлов

$$\dot{S}_j = -|\dot{U}_j|^2 \cdot \dot{y}_{jj} + \hat{U}_j \cdot \sum_{i=1, i \neq j}^n \dot{U}_i \dot{y}_{ji}, \quad (2)$$

где $|\dot{U}_j|^2$ – квадрат модуля напряжения j -го узла, \dot{y}_{jj} – собственная проводимость j -го узла ($\dot{y}_{jj} = \sum_{i=1, i \neq j}^n \dot{Y}_{ji}$), \dot{y}_{ji} – взаимная проводимость ветви ji ; \hat{U}_j – сопряженное напряжение j -го узла, \dot{U}_j – напряжение j -го узла.

Если представить сложную электрическую сеть в виде связанной совокупности f параллельно работающих энергетических систем (ЭС), то

уравнение (2) в матричной форме можно записать следующим образом:

$$\begin{bmatrix} \dot{Y}_{ji} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \dot{U}_j \end{bmatrix}_{f'} \begin{bmatrix} \hat{U}_j \end{bmatrix}_f = \begin{bmatrix} \dot{S}_j \end{bmatrix}_f. \quad (3)$$

Учитывая тот факт, что часть узлов (f-1) системы всегда принадлежит f-й системе, каждую f-ю подсистему можно решать относительно напряжений узлов или контурных токов отдельно, используя при этом расчетные значения векторов напряжений прилегающих узлов f-й подсистемы в качестве заданных. Если обозначить вектор-столбец обменных (уравновешивающих) мощностей между смежными энергосистемами f и f-1 как $\begin{bmatrix} \dot{S}_j \end{bmatrix}_{ff-1}$, то (3) можно переписать в виде:

$$\begin{bmatrix} \dot{Y}_{ji} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \dot{U}_j \end{bmatrix}_{f'} \begin{bmatrix} \hat{U}_j \end{bmatrix}_f = \begin{bmatrix} \dot{S}_j \end{bmatrix}_f \pm \begin{bmatrix} \dot{S}_j \end{bmatrix}_{ff-1}. \quad (4)$$

Система уравнений (4) описывает установившийся квазистационарный режим сложной электрической сети с параллельно работающими f энергосистемами и, в зависимости от количества уравнений, может быть решена различными методами.

Открытая архитектура КСОТ позволяет легко интегрировать любые апробированные на практике готовые обучающие технологии, системы и тренажеры различных разработчиков и производителей подобных систем. Все большее применение в области технического образования находят электронные, включая дистанционные, методы обучения [4]. На этой основе во всем мире [7] быстро развиваются очно-заочные (смешанные) формы обучения, что позволяет легко обеспечить поддержание высокой квалификации персонала, осуществляющего эксплуатацию электроэнергетических систем и энергообъединений.

Основные принципы разработки КСОТ можно сформулировать следующим образом. КСОТ персонала создается на базе объединения проектируемой глобальной вычислительной среды виртуальных учебно-тренировочных пунктов (УТЦ) и центров (УТП) с реальными существующими отраслевыми учебными заведениями.

Использование новых информационных технологий виртуализации для этой цели позволит размещать такие УТЦ и УТП на любых доступных площадях энергетических предприятий ОЭС Украины, например, на свободных территориях ЭС, МЭС, подстанций, ГЭС, ТЭС, АЭС и др., и уменьшить затраты на строительство новых зданий для этих целей. Вопросы разработки и реализации проекта КСОТ можно разделить на отдельные этапы, реализацию которых можно будет легко осуществлять по мере накопления необходимого опыта эксплуатации виртуальных УТЦ и УТП.

Обсуждение и оценка результатов апробации КСОТ

Учитывая межотраслевое значение КСОТ, к реализации этой работы целесообразно привлечь ведущие учебные заведения и научные центры, имеющие большой опыт в области обучающихся и тренажерных систем, включая ИПМЭ, НТУУ «КПИ», ИЭД, НП ООО "Инфотех" и др.

Для реализации предложенного подхода в составе Национальной энергетической компании (НЭК) "Укрэнерго" должен быть создан головной учебно-тренировочный центр (ГУТЦ), который будет координировать работу УТЦ энергосистем и предприятий. ГУТЦ должен обеспечить разработку единых стандартов обучения и тренажа персонала в энергетике Украины, а также контроль их выполнения в УТЦ и УТП по всем специальностям. УТЦ энергосистем должны формировать общую (единую) техническую политику для обеспечения высокого качества процессов обучения и тренажа персонала входящих в ее состав подстанций. Вся вычислительная сеть УТП должна быть нацелена на формирование и поддержание устойчивых навыков ликвидации условий и развития аварий. Предложенный подход к созданию КСОТ обеспечит использование наиболее прогрессивных мировых технологий и знаний в области обучения и тренажа персонала. Некоторые результаты по данной тематике изложены в [5 - 7].

Основные первоочередные направления использования КСОТ включают: охрану труда, системы управления АЭС, ТЭС, ГЭС, диспетчерское управление, оперативные переключения в электрических сетях, РЗА и системная автоматика. Тематика обучения и тренажа должна обязательно включать вопросы диагностики в реальном времени основного силового оборудования, автоматического учета и мониторинга качества параметров электрической энергии, автоматического и дистанционного управления коммутационными аппаратами, эксплуатации установленного набора средств цифровой релейной защиты и автоматики.

Выводы

Назрела актуальная потребность создания современной компьютерной системы обучения и тренажа персонала (КСОТ) энергетической отрасли Украины с использованием единых стандартов обучения и тренажа. Предложено на общей учебно-методической основе объединить существующие учебные центры, пункты и учебные комбинаты, функционирующие в отрасли практически автономно, и вновь создаваемые виртуальные УТЦ и УТП. Создание КСОТ позволит обеспечить высокое качество повышения квалификации, реальное эффективное планирование обучения и тренажа персонала всей отрасли. Применение предложенных принципов и методов виртуализации в процессе создания КСОТ позволит значительно уменьшить затраты на создание и эксплуатацию УТП и УТЦ.

1. *Самойлов В.Д., Колесников С.В., Скляр В.Ф.* Пути создания региональной системы обучения и тренажа персонала // Энергетика и электрификация, 3, 1983. – С. 10-13.
2. *Гуреев В.А., Колесников С.В., Сябер Н.А.* Автоматизация противоаварийных тренировок оперативного персонала Минэнерго УССР на базе сети микро ЭВМ // Энергетика и электрификация, 4, 1989. – С.55-56.
3. *Публикации Ассоциации СИГРЭ-Украина* // Украинский национальный комитет Международного совета по большим электроэнергетическим системам IСIГRE: офиц.

сайт общественной организации «Ассоциация СИГРЭ-Украина». – Текст. дан. – К., 2014-2015. – Режим доступа: http://sigre.org.ua/ru_co1_publicakcii_associacii_sigre-ukraina.html (24.09.2015). – Название с экрана.

4. Модульная объектно-ориентированная динамическая обучающая среда // офиц. сайт Moodle. – Режим доступа: <https://moodle.org/> (24.09.2015). – Название с экрана.

5. Аветисян Е.В., Гуреев В.А., Сангинова О.В. Моделирование режимов, обучение и тренаж персонала с использованием виртуальной объединенной энергосистемы (ВОЭС) Ураины // Энергетика и электрификация, 9/14, 2014. – С. 28-35.

6. Аветисян Е.В., Гуреев В.А., Сангинова О.В. Розробка та застосування віртуальних ієрархічних структур для моделювання режимів, навчання і тренажу персоналу ОЕС України // Вісник вінницького політехнічного інституту, 1(124), 2016. – с. 101 – 107.

7. Гуреев В.А., Сангинова О.В. Інноваційне віртуальне середовище для навчання та тренажу персоналу ОЕС України // IV Наук.-практ. конф. Сучасні методи аналізу усталених режимів електричних мереж та стійкості електроенергетичних систем. Новітні досягнення у проведенні тренажерної підготовки оперативно-диспетчерського персоналу, 22 - 26 лютого 2016 р., с. Славсько, Україна.

Поступила 3.10.2016 р.

УДК 629.7.063: 621.316.11

С.Д.Винничук, м.Київ

АВТОМАТИЗОВАНЕ ФОРМУВАННЯ ПОЧАТКОВОГО РОЗПОДІЛУ НЕВІДОМИХ ВИТРАТ, ТИСКІВ ТА ТЕМПЕРАТУР В РОЗПОДІЛЬНИХ МЕРЕЖАХ СТИСЛИВОЇ РІДИНИ З ДЕРЕВОВИДНИМ ГРАФОМ

Анотація. Запропоновано алгоритм автоматизованого формування збалансованого у вузлах початкового наближення масових витрат у гілках мереж з деревовидним графом за умов, що дані про витрати можуть бути задані: як граничні умови, як режимні дані про витрату, що підтримується регулятором витрат, як початкове значення витрати, або інформація про витрату в гілці не задається. Показано, що при такому порядку використання заданих даних про витрати можлива діагностика некоректно заданої інформації. Наведено приклади розрахунку початкового значення витрат.

Abstract. The algorithm for the automated creation of balanced at the nodes of the original approach of the mass flow in the branches network of tree graph provided that the cost data could be asked: how boundary conditions, as regime data about supported control costs as the initial value of expenditure or the information consumption of a branch is not set. It is shown that when given the order to use cost data possible diagnosis given incorrect information. Examples of calculation of the initial value of costs.

Ключові слова: мережі стисливої та нестисливої рідини, потокорозподіл, початкове наближення витрат.