УДК 621.317.8(075.8)

О разработке тренажеров ТЭС на современном этапе

А.Л. Виноградов, А.И. Киселев
ФГБОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина»,
г. Иваново, Российская Федерация
E-mail: val@tren.ispu.ru

Авторское резюме

Состояние вопроса: В настоящее время тренажеры для оперативного персонала тепловых цехов энергопредприятий становятся одним из важнейших средств повышения качества его подготовки и поддержания высокого уровня эксплуатации тепломеханического оборудования. При этом до сих пор так и не выработано жестких правил и критериев, позволяющих однозначно оценить качество тренажерной продукции. Необходим единый подход и строгие требования к разработке тренажеров, отвечающие современным потребностям энергетики.
Материалы и методы: Приведенные положения основаны на анализе современного рынка тренажеростроения с учетом реальных потребностей энергетики, а также на многолетнем опыте авторов в разработке, внедрении и эксплуатации тренажеров на энергопредприятиях.
Результаты: Обобщен имеющийся опыт по созданию и внедрению тренажеров. Предпринята попытка выработать общие требования к тренажерам и дать общие рекомендации по их разработке и применению.
Выводы: Предложенные материалы могут помочь разработчикам и пользователям тренажеров сориентироваться на современном рынке тренажеростроения.

Ключевые слова: тренажер, обучение персонала, тепловая электростанция, требования к тренажерам.

About the development of thermal power plant simulators at the present stage

A.L. Vinogradov, A.I. Kiselyov
Ivanovo State Power Engineering University, Ivanovo, Russian Federation
E-mail: val@tren.ispu.ru

Abstract

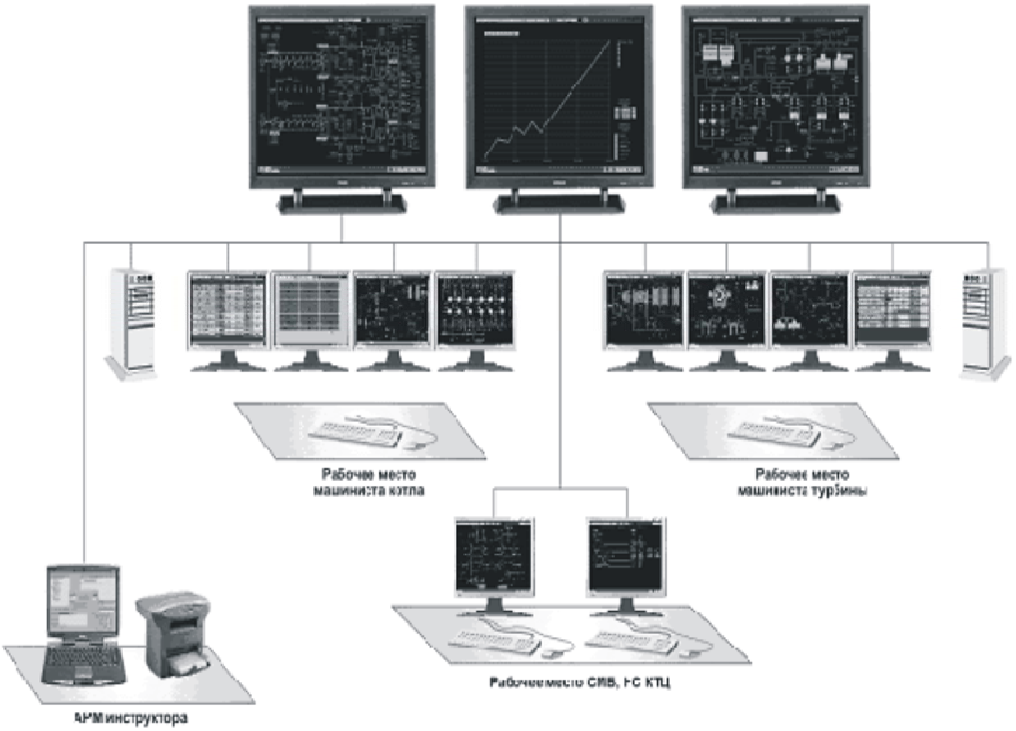
Background: Currently simulators for operations staff of thermal power plant workshops are becoming one of the most important means of improving staff training quality and maintaining a high level of heat-mechanical equipment exploitation. So far there are no hard and fast rules and criteria to clearly assess the quality of training products. It is necessary to develop a common approach to and strict rules of simulator development to meet the modern requirements of power industry.
Materials and methods: The provisions of this article are based on the analysis of the modern simulator production market taking into account the real needs of the power industry as well as on the extensive experience of the authors in the development, implementation and operation of simulators at thermal power utilities.
Results: The article generalizes the authors' experience of developing and implementing simulators; an attempt is made to work out common requirements, as well as general recommendations for their development and application.
Conclusions: This article can help developers and users of simulators to orient themselves on the market today.

Key words: simulator, staff training, thermal power plant, requirements for simulators, development of simulators.

В Учебно-научном центре тренажеров в энергетике (УНЦТЭ) Ивановского государственного энергетического университета (ИГЭУ) при поддержке целого ряда энергетических предприятий России уже достаточно давно ведутся работы по созданию и совершенствованию тренажеров для подготовки оперативного персонала котлотурбинных цехов энергопредприятий. Нами разработан и внедрен целый ряд тренажеров для энергоблоков различных типов и мощности (в том числе, ПГУ), сжигающих все виды топлива и имеющих в своем составе самое разное оборудование. Примерная схема одного из наших тренажеров приведена на рис. 1. Все это время споры вокруг тренажеров не утихают. В настоящее время на рынке имеется достаточное количество различных тренажерных продуктов. Многие из них, по нашему мнению, не отвечают требованиям, предъявляемым к тренажерам на современном этапе развития энергетики. Цель данной публикации – это представить наш взгляд на перспективы развития данной отрасли и поделиться собственным (может быть, скромным) опытом работы.

В настоящий момент вопрос о необходимости непрерывной тренажерной подготовки персонала энергопредприятий не вызывает никаких споров. В первую очередь это связано с борьбой за повышение надежности, безаварийности и экономичности работы оборудования энергоблока.

© ФГБОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина»



Тренажер энергоблока 300 МВт с АСУ ТП «КВИНТ»

Доля аварий и нарушений по вине персонала достигает 15 %, а некоторые эксперты называют 40 % аварий по вине операторов как реальный показатель для энергоблоков 200–1200 МВт. Опыт эксплуатации свидетельствует, что во время освоения новых технологий управления энергоблоками их аварийность значительно выше и нарушения по вине операторов составляют от 25 до 80 %.

В связи с этим первоочередной задачей подготовки персонала на тренажере является задача научить персонал ориентироваться в сложных ситуациях аварийных и переходных режимов и выбирать правильные решения. Тренажерная подготовка открывает возможности разыгрывания на математических моделях, положенных в основу тренажера, самых разнообразных ситуаций, которые могут встретиться на практике, в том числе самых маловероятных аварий, не рискуя при этом оборудованием станции.

Современный тренажер, по нашему мнению, должен отвечать ряду очень жестких требований.

По составу, динамике, функциям интерфейса, технологическим нюансам и т.д., тренажеры должны быть максимально приближены к оборудованию реального блока-прототипа и условиям работы на нем. Соответственно, таких тренажеров на энергопредприятии должен быть не один, а как минимум один на каждую очередь. Хотя и этого может быть недостаточно. Как известно, у нас в стране «нет двух одинаковых блоков». Процесс разработки и строительства блоков ПГУ это лишний раз доказал. В идеале – каждому блоку свой тренажер. А поэтому тренажеры должны быть недорогими (по крайней мере, относительно).

Тренажеры должны быть мобильны и доступны. Под мобильностью и доступностью мы подразумеваем простоту и дешевизну их разработки, установки и обслуживания, отсутствие ограничений по тиражированию внутри предприятия.

При этом количество рабочих мест тренажера должно быть неограниченным и определяться в зависимости от целей и задач тренировки инструктором тренажера. Тренажер должен позволять проведение тренировок как индивидуально, так и в составе смены.

Для достижения дешевизны разработки можно дать несколько практических советов:

а) привлекать к разработке тренажеров организации, имеющие богатый опыт их изготовления, а значит, кроме опыта, имеющие достаточное количество заготовок, шаблонов, стандартных отработанных решений и т.д. Это может значительно снизить цену тренажера и сократить сроки его разработки;

б) не использовать при разработке тренажеров каких-либо внешних автономных (часто неспециализированных) математических и графических пакетов. Они дороги сами по себе, капризны при работе, поглощают очень много времени и ресурсов;

в) разработку тренажеров проводить «оптом», сразу для нескольких блоков, особенно если они однотипны. Это также позволит резко сократить их стоимость.

Для достижения простоты и дешевизны установки и обслуживания необходимо выполнение следующих условий:

а) тренажер должен работать на обычных серийных компьютерах, под управлением стандартной широко распространенной сис-

© ФГБОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина»

темы (например, Windows), в обычной сети (например, Microsoft). При этом должны использоваться только стандартные приложения, для работы которых не нужно приобретать дополнительных лицензий и сертификатов;

б) тренажеры должны легко устанавливаться персоналом энергопредприятия без помощи разработчиков;

в) тренажеры ничем не должны быть защищены от тиражирования внутри предприятия и могут быть установлены в любом количестве копий, необходимых для организации качественного учебного процесса.

Математическая модель тренажера должна быть:

а) *полная*, т.е. должна охватывать все оборудование блока, от работы которого зависит качество ведения режима;

б) *всережимная*, т.е. должна позволять обучаемому работать во всем диапазоне нагрузок и режимов реального блока-прототипа;

в) *неразрывная*, т.е. должна обеспечивать непрерывную работу тренажера во всем диапазоне нагрузок в режиме «свободного полета» без каких-либо перескакиваний, искусственных переходов, перезагрузки. Например, обучаемый должен иметь возможность «растопиться», набрать нагрузку, поработать по графику, включить/отключить любое оборудование, «отвалиться по защите», осуществить горячий подхват с расхолаживанием тракта до ВЗ и т.д. И все это в «свободном полете» без каких-либо ограничений и перезагрузки режима.

г) *точная*. Современные компьютеры, с нашей точки зрения, способны обеспечить такую точность моделирования, при которой тренажеры можно использовать для проведения исследований работы оборудования блока в различных режимах (в том числе, АСУ, системы регулирования, контроллеров).

Тренажер – достаточно дорогая вещь, и использовать ее только для подготовки персонала, с нашей точки зрения, уже нерационально. Возможно и необходимо проводить на нем различные исследования в целях оптимизации режимов и повышения надежности работы оборудования, прогнозирования его состояния, поиска оптимальных алгоритмов работы АСУ и т.д. Данные, накопленные в современных АСУТП, дают очень широкие возможности в этом плане.

Тренажер – это обучающая программа. Поэтому наряду с хорошей качественной математической моделью и интерфейсом тренажер обязательно *должен иметь обучающую направленность*.

В тренажере должны обеспечиваться такие стандартные, очень важные учебные функции, как автоматическое оценивание, протоколирование, откат, заморозка, ускорение/замедление процесса, обеспечение различных режимов работы тренажера (самоподготовка, проверка и т.п.), запись всего хода тренировки с возможностью последующего анализа и повторного прохождения с любого места и другие, обеспечивающие учебные свойства тренажера. Это не менее важно для тренажера, чем хорошая модель и интерфейс.

Автоматизированное рабочее место инструктора – это также очень важная составляющая учебного процесса с использованием тренажеров. Помимо стандартных функций полномасштабного контроля за учебным процессом, АРМ, с нашей точки зрения, должен обладать еще рядом свойств.

При знакомстве с тренажером у обучаемых часто возникают вопросы о количестве исходных состояний, наличии и характере задач, критериях и алгоритме оценки.

Все эти вопросы, по нашему мнению, не к разработчику. Рабочее место инструктора должно позволять ему самостоятельно (без помощи разработчика) создавать любые исходные состояния, разрабатывать и реализовывать на тренажере любые сценарии тренировок, формировать способы, качественные и количественные критерии автоматизированной оценки действий обучаемого. При этом тренажер превращается в динамический саморазвивающийся и постоянно совершенствующийся объект, находящийся «на острие» борьбы за организацию качественного, экономичного и безаварийного процесса производства энергии.

Как уже отмечалось выше, современный тренажер – это не только учебный, но также и исследовательский инструмент, позволяющий (при качественном его изготовлении) проводить самые разные исследования по оптимизации режимов работы оборудования энергоблока, изучению надежности его работы, разработке и оптимизации алгоритмов работы автоматики и т.д. На наших тренажерах уже достаточно давно проводятся подобные исследования. В связи с этим хотелось бы остановиться еще на одном направлении тренажеростроения.

С внедрением на энергопредприятиях АСУТП нового поколения и бурным развитием компьютерной техники появилась возможность соединения реального оборудования этих систем с полномасштабной математической моделью энергоблока и создания «виртуального» энергоблока. Эта задача в настоящее время многим (и нам в том числе) кажется достаточно актуальной и перспективной. Наличие виртуального энергоблока на базе ПТК дает возможность решить широкий круг задач, вплоть до полной автоматизации управления блоком в различных режимах его работы.

Существующий в УНЦТЭ ИГЭУ высокий уровень разработки математического и программного обеспечения для тренажеров позволил подойти к этой задаче вплотную.

Три организации: УНЦТЭ ИГЭУ (разработка программно-технического комплекса с всережимной математической моделью), ООО

© ФГБОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина»

«Квинтсистема» (разработка программного обеспечения виртуальных контроллеров) и ООО «АЭН-Партнер» (подключение и настройка), – объединили свои усилия и при поддержке руководства станции на базе модели тренажера энергоблока 300 МВт Костромской ГРЭС и виртуальной АСУТП этого блока успешно решили эту задачу. В настоящее время существует полнообъемная версия виртуального ПТК «Квинт» с математической моделью для блока 300 МВт КГРЭС (включая турбинный контроллер).

Виртуальный блок позволит:

1) получить полную идентичность работы систем автоматики;

2) производить предварительную проверку и тестирование новых систем и алгоритмов работы автоматики (вплоть до реализации пошагового автоматического пуска) до реализации их на блоке;

3) тестировать и совершенствовать работу действующей автоматики в различных технологических режимах;

4) при постановке соответствующей задачи до пуска блока отработать предстоящие режимы работы, определить наиболее оптимальные из них, разработать режимные карты и энергетические характеристики, которые актуализируются после корректировки на работающем оборудовании, существенно сокращая время освоения блока;

5) иметь для проектных и пусконаладочных организаций возможность проверки проектных решений на стадии проектирования АСУТП. В частности, возможна проверка объема и правильности работы технологических защит, технологических блокировок, в том числе блокировок взрывобезопасности. Возможна предварительная оценка настроечных коэффициентов автоматических регуляторов.

Польза такого продукта несомненна, но, к сожалению, проанализировав полученный продукт, мы пришли к выводу, что он не является тренажером. Это специализированный «полигон» для проведения всевозможных исследований. Тренажером (в нашем понимании) он не может являться потому, что почти полностью утратил свою обучающую направленность в силу того, что реальный ПТК никоим образом не предназначен для реализации учебных функций. Он не позволяет (или позволяет с очень большим трудом) реализовать практически ни одну из рассмотренных выше «учебных» функций тренажера. При этом продукт получается очень дорогим как при разработке, так и при обслуживании, полностью немобильным и нетиражируемым.

Таким образом, приходится сделать вывод о том, что в настоящее время существуют два направления в нашей отрасли: тренажеростроение и «полигоностроение». И нам кажется, их пока нельзя смешивать.

Список литературы

1. Рабенко В.С. Моделирование растопочного узла энергетических прямоточных котлов СКД для тренажеров // Вестник ИГЭУ. – 2010. – Вып. 3. – С. 19–26.

2. Митюшов А.А. Численные исследования этапа пуска блока СКД на сепараторном режиме при помощи математической модели // Вестник ИГЭУ. – 2010. – Вып. 4. – С. 16–19.

3. Тренажер энергоблока 300 МВт Костромской ГРЭС на базе технологий ПТК «КВИНТ» / А.Л. Виноградов, В.С. Рабенко, А.Н. Дубиненков, Г.В. Федотов // Энергосбережение и водоподготовка. – 2009. – Вып. 3. – С. 13–16.

References

1. Rabenko, V.S. Modelirovanie rastopochnogo uzla energeticheskikh pryamotochnykh kotlov SKD dlya trenazherov [Modelling of a lighting unit of supercritical pressure once-through power-generating boilers for simulators]. *Vestnik IGEU*, 2010, issue 3, pp. 19–262.

2. Mityushov, A.A. Chislennye issledovaniya etapa puska bloka SKD na separatornom rezhime pri pomoshchi matematicheskoy modeli [Numerical studies of separating mode supercritical pressure unit start-up phase by using a mathematical model]. *Vestnik IGEU*, 2010, issue 4, pp. 16–19.

3. Vinogradov, A.L., Rabenko, V.S., Dubinenkov, A.N., Fedotov, G.V. Trenazher energobloka 300 MVt Kostromskoy GRES na baze tekhnologiy PTK «KVINT» [Simulator of 300 MW power generating unit of Kostroma Electric Power Plant (GRES) based on software and hardware package «KVINT»]. *Energosberezenie i vodopodgotovka*, 2009, issue 3, pp. 13–16.

Виноградов Андрей Львович,
ФГБОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина»,
кандидат технических наук, зав. кафедрой паровых и газовых турбин, директор Учебно-научного центра тренажеров в энергетике (УНЦТЭ),
e-mail: val@tren.ispu.ru

Киселев Андрей Игоревич,
ФГБОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина»,
кандидат технических наук, доцент кафедры паровых и газовых турбин, зам. директора Учебно-научного центра тренажеров в энергетике (УНЦТЭ),
e-mail: val@tren.ispu.ru

© ФГБОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина»