

Автоматизированная система повышения эффективности эксплуатации электротехнических комплексов промышленных предприятий средствами дистанционного обучения персонала

Информатизация и компьютеризация всех сфер человеческой деятельности коснулась области подготовки технических специалистов, принимающих решения и несущих юридическую ответственность. Во многих областях промышленности, таких как автомобильная, железнодорожная, горная и другие, для улучшения качества подготовки специалистов все чаще применяются компьютерные обучающие системы, построенные на базе экспертных систем и тренажеров.

С целью повышения эффективности эксплуатации электротехнических комплексов (ЭК) промышленных предприятий на кафедре АПП КарГТУ созданы принципиально новые виртуальные системы:

– обеспечения эффективной эксплуатации электротехнических комплексов добычных участков угольных шахт на базе автоматизированной системы расчета электроснабжения участков угольных шахт и дистанционных систем повышения качества подготовки персонала инженерных служб электротехнических комплексов угольных шахт;

– режимные тренажеры для решения задач обучения и тренировки оперативно-диспетчерского персонала насосных станций теплоснабжающих систем мегаполисов.

Построение подобных систем стало возможным на основе опыта, приобретенного на кафедре АПП КарГТУ и заключающегося в создании международных систем дистанционного обучения. В таких системах объединяются аппаратные, методические, научные и педагогические составляющие консорциумов технических ВУЗов и базовых промышленных предприятий.

В один из таких консорциумов технических ВУЗов в рамках проекта «Синергия», входят три российских учебных центра: МЭИ (г. Москва), БГТУ (г. Санкт-Петербург), ОмГТУ (г. Омск), учебный центр на Украине СевНТУ (г. Севастополь) и КарГТУ.

Для организации учебного процесса в Internet-режиме в качестве образовательного портала используется бесплатно распространяемая с открытым исходным кодом среда дистанционного образования MOODLE (Модульная Объектно-Ориентированная Учебная Система).

Двудеянная система автоматизированного расчета электроснабжения добычных участков угольных шахт (УШ) и оценки качества знаний персонала электротехнических служб угольных шахт является многопараметрическим и многосвязным объектом, характеризующимся существенной неопределенностью свойств, параметров и состояний. Установлены следующие свойства и характеристики этой системы: информационная база (база знаний) и компетентность персонала электротехнических служб определяют эффектив-

ность и безопасность эксплуатации ЭТК УШ; динамика изменения содержания информационной базы, компетентности персонала электротехнических служб, а также эффективность и безопасность эксплуатации ЭТК УШ коррелированы между собой; изменения в содержание информационной базы электротехнических служб определяются состоянием и организацией производственного процесса на предприятии; автоматизированная система расчета электроснабжения добычных участков угольных шахт, позволяет уменьшить вероятность некачественного расчета и перерасчета схем электроснабжения при изменении технологической схемы расстановки оборудования; компетентность персонала электротехнических служб может быть установлена в процессе экспертной оценки знаний и повышена путем целенаправленного обучения; дистанционная экспертная система позволяет в режимах реального и разделенного времени получить оценку – рейтинг допустимости персонала электротехнических служб ЭТК УШ к эффективной и безопасной эксплуатации, а также прогнозируемый уровень вероятности безотказной работы ЭТК УШ; дистанционная экспертная система позволяет в режимах разделенного времени повысить рейтинг персонала электротехнических служб ЭТК УШ путем обучения в рамках тестовой системы обучения и контроля знаний.

Архитектура дистанционной системы повышения качества подготовки персонала инженерных служб электротехнических комплексов угольных шахт, построена на базе MOODLE и состоит из модели средств интерфейса сервера, реализованная на языке структурного программирования PHP, модели обучаемого; модели обучения и объяснения; информационной модели.

Построение модели обучения в рамках системы повышения квалификации специалистов электротехнических комплексов угольных шахт происходит на уровне преподавателя/создателя курса. Для создания модели обучения используются связанные между собой средства:

- 1) формирования модели объяснения,
- 2) формирования обучающих воздействий,
- 3) формирования стратегий обучения,
- 4) реализации стратегий обучения.

Применение веб-технологий при создании обучающей системы позволило централизовать процессы сбора и обработки данных для всего контингента обучаемых, решить проблемы безопасности и контроля доступа, поскольку пользователи не имеют доступа к приложению и его компонентам, а работают только с клиент-интерфейсом приложения через веб-браузер. С помощью реализации подхода «клиент-сервер» вся логика приложения сосредоточена на

едином сервере, что обеспечивает контроль над загрузкой сервера, устранение рутинных задач сбора данных протоколов тестирования и существенно упрощает работу администратора системы.

Со стороны клиента с помощью стандартного веб-браузера формируются модели обучаемого, преподавателя, администратора курса и администратора системы. Оригинальная методика эвристической оценки знаний персонала электротехнических служб угольных шахт включает основные разделы областей знаний (домены) предметной области «электротехнические комплексы добычных участков угольных шахт» для специалиста отдела главного энергетика. При этом формирование базы знаний проводилось в 2 этапа: на основе литературных источников, формируется список вопросов с возможными вариантами ответов, а также список учебно-тренировочных задач по каждому домену; формируется экспертная комиссия, задачей которой является оценка адекватности базы данных (БД), сформированной на первом этапе, а также, в случае недостаточной глубины и/или широты диапазона знаний по предметным областям, добавление в БД дополнительных знаний, полученных на основе опыта работы эксперта.

Процедуры статистической обработки результатов тестирования знаний и методы оценки качества теста проводятся в соответствии с классической теорией тестирования [1, 2] и удовлетворяют критериям надежности и валидности.

Алгоритм работы дистанционной автоматизированной системы оценки качества знаний (АСО КЗ) содержит следующие компоненты.

1. Регистрация в базе данных АСО КЗ реквизитов и формальных признаков образованности P_1 -го претендента на работу в электротехнической службе предприятия.

2. Оценка компетенции P_1 -го претендента

$$K_{i \min} \leq K_i \leq K_{i \max}$$

где K_i , $K_{i \min}$, $K_{i \max}$ – коэффициенты компетенции, изменяющиеся в диапазоне $\{0 \div 1\}$ и являющиеся аналогами функции оценки знаний R из [3]. K_i – фактический коэффициент, $K_{i \max}$ и $K_{i \min}$ – предельно допустимые коэффициенты.

3. При $K_i \geq K_{i \min}$ принимаются решения о достаточной теоретической компетенции претендента, и он допускается к процессу интенсивного тренинга, позволяющего выявить психологическую готовность и устойчивость знаний претендента к работе в условиях нормальной эксплуатации горнорудного предприятия, а также при авариях и катастрофах.

4. При $K_i \leq 0,95K_{i \min}$ уровень теоретических знаний претендента не достаточен для принятия решений о его компетенции, но допустим процесс экспресс-обучения с последующей оценкой компетенции (см. п.2).

5. При $K_i \leq 0,8K_{i \min}$ уровень теоретических знаний претендента требует достаточно продолжительного обучения с многократной проверкой усвоенных знаний, позволяющих постепенно получить доступ к п.2.

6. $K_i \leq 0,7K_{i \min}$ уровень знаний претендента не позволяет считать его достойным кандидатом для работы в энергетических службах шахты. Регистрируется

момент оценки знаний претендента и устанавливается контрольный срок, достаточный для повторного обучения.

Процесс предварительного тестирования персонала инженерных служб электротехнических комплексов угольных шахт с целью выявления начальных знаний и принятия решения о необходимости повышения квалификации, в случае если начальный уровень знаний недостаточен, состоит из следующих этапов:

– прохождение общего теста по базе тестовых вопросов, входящих в стандартную базу знаний сотрудника электротехнической службы угольной шахты – ОК2;

– расчет контрольного примера электроснабжения добычного участка угольной шахты с помощью автоматизированной системы. Начальные данные для расчета формируются в виде файлов-заданий.

По результатам предварительной оценки начальных знаний сотрудника инженерных служб электротехнических комплексов угольных шахт принимается решение о необходимости прохождения дополнительного тестирования, в случае если уровень выявленных знаний по отдельным темам недостаточен (при $0,8K_{i \min} \leq K_i \leq 0,95K_{i \min}$). В случае если уровень знаний по всем темам недостаточен (при $0,7K_{i \min} \leq K_i \leq 0,8K_{i \min}$), то дополнительное тестирование не производится и претендент проходит усиленный курс подготовки по всем темам. В случае если уровень выявленных знаний достаточно высок (при $K_{i \min} \leq K_i \leq K_{i \max}$), сотрудник электротехнической службы допускается к психологическому (аварийному) тренингу, позволяющему получить сертификат на право работы в электромеханических службах угольных шахт.

При прохождении дополнительного тестирования, знания сотрудника инженерных служб электротехнических комплексов угольных шахт оцениваются отдельно по всем разделам/подразделам курса, для более детального определения уровня начальной подготовки по каждому разделу/подразделу ОК2 и формирования траектории обучения (модели обучаемого) специалиста.

В соответствии с моделью обучаемого создается его программа обучения. Период обучения зависит от количества разделов/подразделов его индивидуальной траектории обучения и складывается из времени, запланированного на изучение каждого раздела/подраздела.

Время обучения может увеличиваться/уменьшаться в зависимости от индивидуального графика обучаемого, разработанного в момент формирования траектории обучения, согласованной с преподавателем.

Другой, не менее эффективной формой повышения эффективности эксплуатации промышленных предприятий, являются виртуальные тренажеры, позволяющие повысить компетенцию персонала, обслуживающего сложные технологические объекты, например электротехнические комплексы теплоснабжающих систем мегаполисов [4]. Рассмотрим архитектуру режимного тренажера для решения задач

обучения и тренировки оперативно-диспетчерского персонала.

Режимный тренажер предназначен для проведения сеансов противоаварийных тренировок с отображением оперативному персоналу, участвующему в тренировке, режима теплофикационной системы и состояния оборудования распределительных устройств станций и подстанций.

Тренажер имеет следующие особенности:

1) моделирование в ходе тренировки состояния теплофикационных схем подстанций и автоматический учет в режимной модели изменений состояния оборудования;

2) возможно разделение схемы системы центрального теплоснабжения на несколько изолированно работающих частей с последующим их объединением;

3) режимная модель теплофикационной системы позволяет моделировать установившиеся режимы, электромеханические переходные процессы и длительные переходные режимы, причем переход с одной модели на другую выполняется автоматически с учетом ситуации, складывающейся в процессе тренировки;

4) отображение оперативной обстановки диспетчеру может быть выполнено не только на экранах компьютеров, но и на тренировочном диспетчерском щите с использованием оперативно-информационного комплекса автоматизированной системы диспетчерского управления (ОИК АСДУ) теплофикационной системы.

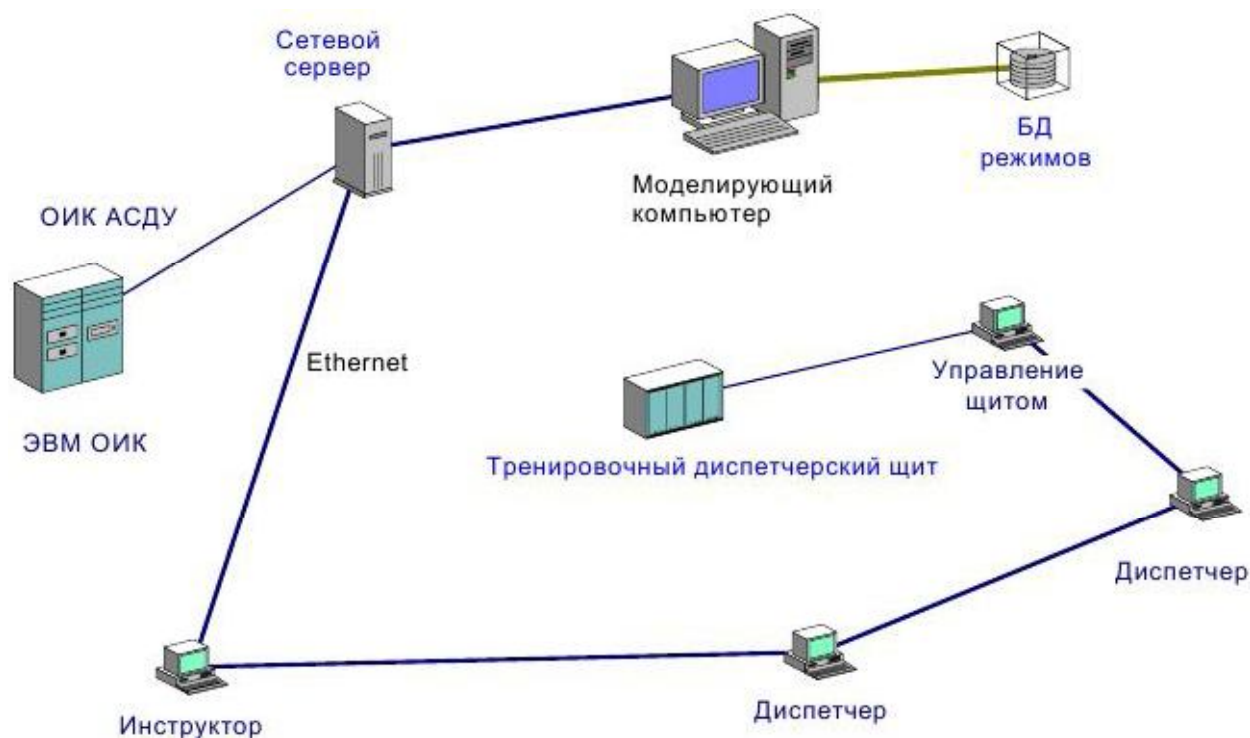
Тренажер можно использовать не только в учебных центрах, но и в производственных условиях для обучения и плановых тренировок персонала диспетчерских служб, оперативного дежурного персонала станций и подстанций. Настройка тренажера на заданную схему системы централизованного тепло-

снабжения мегаполиса производится через исходные данные. При подключении к данным ОИК АСДУ тренажер может использоваться в качестве исходного режима текущий режим работы энергосистемы.

Структурная схема комплекса технических средств режимного тренажера изображена на рисунке.

Функционирование режимного тренажера можно реализовать в локальной сети компьютеров. Рабочие места инструктора, проводящего тренировочное занятие, диспетчеров, участвующих в тренировке, посредника, который следит за работой модели теплофикационной системы и помогает инструктору, располагаются, как правило, в различных помещениях и оборудуются телефонной связью. Максимально допустимое количество рабочих мест тренажером не ограничивается, а определяется возможностями учебного центра.

На моделирующем компьютере устанавливается математическая модель режимного тренажера. Результаты расчета режима теплофикационной системы в виде телеизмерений и состояние оборудования объектов системы в виде телесигналов передаются на сетевой сервер, откуда считываются программой отображения режима теплофикационной системы, работающей на компьютерах, установленных на рабочих местах инструктора, диспетчеров, посредника и др. Инструктор и диспетчеры должны иметь возможность выводить на дисплей всю необходимую им информацию. При помощи этой же программы как инструктор, так и диспетчеры по локальной сети могут непосредственно управлять моделью системы центрального теплоснабжения мегаполиса (изменение мощности насосных станций, потребления, состояния задвижек аппаратов), которая работает на моделирующем компьютере. Диспетчеры могут отдавать команды на объекты подчиненному оперативному персоналу по



Структурная схема комплекса технических средств режимного тренажера

телефону через инструктора и посредника. Управляющие воздействия вводятся в модель. Результат этих воздействий в виде изменения состояния выключателей, разъединителей, параметров режима тут же отображается на дисплеях и на тренировочном диспетчерском щите.

Управление тренировочным диспетчерским щитом осуществляется специальной программой, работающей на отдельном компьютере. Управление микроконтроллерами системы отображения тренировочного щита осуществляется через COM-порт компьютера. Вместо последовательного интерфейса RS-232 могут использоваться и другие интерфейсы со специальным преобразователем интерфейса, подключаемого к COM-порту. Микроконтроллеры системы отображения щита обеспечивают световую индикацию положения задвижек и регуляторов, а также выводят цифровую информацию по давлению, температуре теплоносителя и других параметров теплофикационной системы на соответствующие индикаторы.

Тренажер операторов насосных станций

Одним из инструментов, призванных обеспечить постоянную готовность диспетчеров к оперативному реагированию на любые нештатные ситуации и способствовать принятию обоснованных и качественных решений, является «Тренажер операторов насосных станций».

«Тренажер управления насосно-перекачивающей станцией» («Тренажер НПС») – динамическая система, предназначенная для отработки в режиме реального времени действий персонала диспетчерского пункта по управлению сложным комплексом оборудования насосных станций.

Программное обеспечение этого тренажера симулирует поведение агрегатов, арматуры и систем управления, установленных на каждой из насосных станций мегаполиса, при управляющих воздействиях со стороны персонала, осуществляемых с виртуального щита управления на экране моделирующего компьютера. Математическая модель насосно-перекачивающей станции настроена таким образом, чтобы максимально точно повторять последователь-

ность и динамику процессов, происходящих на реальном оборудовании теплофикационной системы. Это означает, что при проведении тренировок на «Тренажере НПС» действия диспетчера аналогичны действиям, определяемым должностной инструкцией и инструкциями по эксплуатации при управлении реальным оборудованием. Регулярные и многократные тренировки на «Тренажере НПС» при различных моделируемых ситуациях позволяют закрепить у диспетчерского персонала навыки управления в условиях отклонения от условий нормальной эксплуатации технологического оборудования и отказа оборудования систем контроля, автоматизации и телемеханики, а также при пусках после аварийных ситуаций или длительных перерывах в работе.

«Тренажер переключений технологического оборудования диспетчерского управления режимами системы в реальном времени» представляет собой цифровой аналог всей сети центрального теплоснабжения мегаполиса – от теплоисточников до потребителей тепла, включая весь набор активного оборудования сетей (насосные станции, регулирующие клапаны, тепловые камеры с запорной арматурой, сами трубопроводы подающей и обратной магистралей).

В основе «Тренажера переключений» лежит математическая модель системы централизованного теплоснабжения мегаполиса. Расчетная математическая модель «Тренажера» позволяет в течение нескольких секунд произвести полный пересчет гидравлического режима, установившегося во всех точках сети трубопроводов в результате того или иного переключения запорно-регулирующей арматуры в тепловых камерах, насосных агрегатов на насосно-перекачивающих станциях, или изменения параметров режима отпуска тепла на выходе ТЭЦ.

«Тренажер переключений» предназначен для отработки оперативных действий диспетчерского персонала тепловых сетей при ликвидации аварий и проведении режимных переключений с целью производства плановых ремонтных работ. Графический интерфейс построен на представлении тепловых сетей мегаполиса в виде оперативной схемы и содержит интерактивный инструментальный для выполнения любых единичных или групповых переключений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Паршина Г.И. Опыт внедрения системы для дистанционного образования MOODLE // Труды университета; КарГТУ. Караганда, 2004. № 4. С. 13-15.
2. Фешин Б.Н., Паршина Г.И., Алгоритм оценки качества знаний сотрудников электротехнических служб горно-рудных предприятий // Труды университета; КарГТУ. Караганда, 2010. № 3. С. 89-93.
3. Фешин Б.Н., Паршина Г.И. Дистанционные системы повышения качества подготовки персонала инженерных служб электротехнических комплексов горно-рудных предприятий // Труды университета; КарГТУ. Караганда, 2008. № 4. С. 98-101.
4. Крицкий А.Б., Фешин Б.Н. Супервизорное управление электротехническими комплексами систем теплоснабжения мегаполисов // Труды университета; КарГТУ. Караганда, 2010. № 4.