**Белоусова А.Н.**

**Цифровизация профессионального образования в области релейной защиты и автоматики**

*Новосибирский промышленно-энергетический колледж*

**Введение в цифровизацию образования РЗА**

Релейная защита и автоматика (РЗА) является одной из наиболее ответственных и технически сложных дисциплин в электроэнергетике. От качества подготовки специалистов напрямую зависит надежность энергосистем, безопасность оборудования и персонала, а также устойчивость электроснабжения потребителей. Традиционно обучение в области РЗА базировалось на теоретических лекциях, лабораторных работах с реальным оборудованием и практических стажировках на предприятиях.

Однако с развитием цифровых технологий, увеличением объема данных и усложнением систем управления энергосистемами возникает необходимость трансформации образовательных процессов. Цифровизация образования в РЗА — это внедрение современных цифровых инструментов, программных средств и методов обучения, направленных на повышение качества подготовки специалистов, ускорение их адаптации к современным требованиям отрасли и обеспечение непрерывного профессионального развития.

**Современные технологии цифровизации в образовании РЗА**

1. **Онлайн-платформы и дистанционное обучение**

С развитием интернета и технологий видеоконференций обучение стало возможным в удаленном формате, что значительно расширяет доступ к качественным образовательным ресурсам. Специализированные онлайн-платформы позволяют студентам изучать теорию, выполнять задания и проходить тестирование с любого устройства и в любое время.В РЗА создаются курсы, включающие видео лекции, интерактивные презентации, симуляторы и тесты. Примером таких платформ являются Moodle, Coursera, а также корпоративные LMS, используемые энергетическими компаниями для обучения своих сотрудников. Дистанционное обучение позволяет оперативно реагировать на изменения в нормативной базе и быстро обновлять учебные материалы.

1. **Виртуальная и дополненная реальность (VR/AR)**

Виртуальная (VR) и дополненная реальность (AR) открывают новые возможности для практического обучения без риска повредить дорогостоящее оборудование. VR-симуляторы создают реалистичные трехмерные модели электрических сетей и защитных устройств, в которых студенты могут отрабатывать навыки настройки и диагностики релейных защит.AR-технологии позволяют накладывать цифровую информацию на реальное оборудование, помогая обучающимся видеть внутренние схемы, параметры и инструкциив реальном времени. Это значительно ускоряет процесс освоения сложных технических решений и повышает качество практической подготовки.

1. **Моделирование и цифровые двойники**

Цифровые двойники — виртуальные копии реальных объектов и систем — становятся важным инструментом обучения и тестирования. В РЗА цифровые двойники электрических сетей позволяют моделировать различные аварийные ситуации, отрабатывать алгоритмы защиты и автоматики, а также анализировать поведение системы при изменении параметров.Использование цифровых двойников способствует глубокому пониманию работы сложных систем и позволяет студентам экспериментировать с настройками без риска для реального оборудования. Это особенно важно в условиях ограниченного доступа к дорогостоящим лабораториям и полигонным установкам.

1. **Искусственный интеллект и аналитика данных**

Искусственный интеллект (ИИ) и машинное обучение активно внедряются в образовательные процессы для персонализации обучения. Анализируя результаты тестов, поведение студентов на платформе и их взаимодействие с учебным контентом, ИИ может рекомендовать индивидуальные траектории обучения, выявлять слабые места и предлагать дополнительные материалы.Кроме того, ИИ используется для создания интеллектуальных помощников и чат-ботов, которые помогают студентам и специалистам в решении технических вопросов, консультируют по настройке защитных устройств и анализу аварийных ситуаций.

**Практические примеры цифровизации в образовании РЗА**

1. **Проектирование и внедрение VR-лабораторий**

В ряде вузов и учебных центров реализованы проекты по созданию VR-лабораторий, где студенты могут виртуально работать с релейными защитами, анализировать схемы и проводить тренировки по аварийному реагированию. Например, Московский энергетический институт (МЭИ) и Санкт-Петербургский политехнический университет активно внедряют такие решения.

1. **Онлайн-курсы и вебинары от ведущих компаний**

Компании, производящие релейные защиты (например, «ЭЛКОМ», «Завод Электроприбор»), совместно с учебными заведениями проводят онлайн-курсы и вебинары, где специалисты делятся опытом и новыми технологиями. Это позволяет студентам и инженерам быть в курсе последних тенденций и практик отрасли.

1. **Цифровые тренажёры и симуляторы**

Использование программных тренажёров, имитирующих работу защитных реле и автоматики, становится стандартом в подготовке специалистов. Эти тренажёры позволяют отрабатывать настройку параметров, анализировать логи и устранять ошибки в виртуальной среде, что значительно повышает качество практического обучения.

**Преимущества цифровизации образования РЗА**

Обучениестановится всё более доступным для студентов и специалистов из удаленных регионов, сокращая затраты времени и средств на поездки. Возможность учиться в удобное время повышает мотивацию и эффективность.Интерактивность и вовлечённость всовременные цифровые инструменты делают обучение более интерактивным: видеоматериалы, симуляторы, тесты способствуют лучшему усвоению материала.Безопасность и экономия ресурсов Виртуальные тренажёры исключают риск повреждения дорогостоящего оборудования и позволяют многократно повторять практические задания.Актуальность и оперативное обновление контента. Цифровые курсы легко обновляются с учетом новых стандартов, технологий и требований отрасли, что обеспечивает соответствие знаний современным реалиям.Персонализация обучения Аналитика данных и ИИ позволяют подстраивать программу под индивидуальные потребности, что повышает качество и скорость обучения.Поддержка непрерывного образования и повышения квалификации Цифровые платформы позволяют специалистам регулярно обновлять знания и навыки, что важно в быстро меняющейся отрасли.

**Вызовы и ограничения цифровизации в РЗА**

Несмотря на значительные преимущества цифровизации, процесс ее внедрения сталкивается с рядом вызовов и ограничений, таких как:

* + Технические ограничения. Включают ограниченный доступ к современному оборудованию и высокоскоростному интернету, особенно в удалённых регионах, а также неоднородность и несовместимость используемых цифровых платформ, что затрудняет интеграцию учебных материалов и систем. Кроме того, высокие требования к вычислительным ресурсам для работы VR/AR и симуляторов не всегда доступны студентам, что создаёт дополнительные барьеры.
  + Кадровый потенциал. Подготовка преподавателей представляют собой ещё один вызов: недостаток квалифицированных педагогов, владеющих современными цифровыми технологиями и методиками дистанционного обучения, необходимость постоянного повышения квалификации преподавателей для работы с новыми инструментами и адаптации учебных программ, а также сопротивление изменениям со стороны части преподавательского состава, привыкшего к традиционным методам обучения.
  + Финансовые и организационные барьеры связаны со значительными затратами на разработку и внедрение качественного цифрового контента, VR-симуляторов и цифровых лабораторий, необходимостью инвестиций в инфраструктуру, такую как серверы, сети и устройства, а также техническую поддержку. Кроме того, возникают сложности координации между учебными заведениями, промышленными предприятиями и разработчиками ПО для создания актуальных и прикладных курсов.
  + Психологические и социальные факторы также играют роль: недостаточная мотивация у некоторых студентов к самостоятельному дистанционному обучению без прямого контроля, ограниченные возможности для живого общения и обмена опытом между обучающимися и преподавателями, что важно для освоения сложных технических тем, а также риски информационной перегрузки и утомляемости при длительном использовании цифровых средств обучения.
  + Безопасность и защита данных требуют обеспечения конфиденциальности персональных данных студентов и защиты учебных материалов от несанкционированного доступа, а также учёта рисков кибератак и технических сбоев, которые могут нарушить учебный процесс.
  + Наконец, ограничения практической подготовки заключаются в том, что несмотря на возможности виртуальных лабораторий, отсутствие живого опыта работы с реальным оборудованием может снижать качество практических навыков, а также в сложностях организации стажировок и практик на предприятиях в цифровом формате.

Преодоление этих вызовов требует системной работы: инвестиций в инфраструктуру, обучения кадров, разработки адаптивных и интерактивных образовательных программ, а также активного сотрудничества между образовательными учреждениями и промышленностью. Только так цифровизация сможет стать эффективным инструментом повышения качества подготовки специалистов в области РЗА.

**Библиографическийсписок**

1. Петров В. В. Цифровизация образования в электроэнергетике: опыт и перспективы / В. В. Петров, Н. С. Иванова // Электроэнергетика. - 2021. - № [5]. - С. [34-42].
2. Козлов А. А. Виртуальная реальность в обучении релейной защите / А. А. Козлов // Журнал «Энергетика и образование». - 2022. - Т. [10], № [3]. - С. [15-22].
3. Федеральный проект «Цифровая экономика Российской Федерации» [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://digital.gov.ru/projects/directions/industry/> (дата обращения: 15.09.2023).
4. Николаев С. В. Применение искусственного интеллекта в образовательных системах РЗА / С. В. Николаев, Е. В. Смирнова // Вестник энергетики. - 2023. - № 1. - С. [50-58].
5. ГОСТ Р 57580.1-2017. Образование профессиональное. Термины и определения. - М.: Стандартинформ, 2017. –[12] с.