

3. Романюк В.Н. Оценка термодинамической эффективности функционирования энергосистемы Беларуси в условиях работы Белорусской АЭС / В.Н. Романюк, А.А. Бобич // Энергия и Менеджмент. – 2016. – № 4. – С. 2–9.

4. Романюк В.Н. К вопросу о диверсификации вариантов регулирования мощности генерации Белорусской энергосистемы / В.Н. Романюк, А.А. Бобич // Энергия и Менеджмент. – 2015. – № 6. – С. 3–8.

5. Андриющенко А.И. Показатели эффективности сложных систем энергоснабжения и взаимосвязь между ними / А.И. Андриющенко // Материалы четвертой Российской научно-технической конференции «Энергосбережение в городском хозяйстве, энергетике, промышленности», Ульяновск, 24–25 апреля 2003 г. / Ульяновский государственный технический университет. – Ульяновск, 2003. – С. 12–14.

УДК 621.039

ТРЕНАЖЕРНАЯ ПОДГОТОВКА СТУДЕНТОВ В БЕЛОРУССКОМ НАЦИОНАЛЬНОМ ТЕХНИЧЕСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ ДЛЯ ПЕРВОЙ БЕЛОРУССКОЙ АЭС

А.Л. Буров, А.А. Павловская

Белорусский национальный технический университет

В рамках реализации Государственной программы подготовки кадров для ядерной энергетики Республики Беларусь на 2009–2020 годы на энергетическом факультете Белорусского национального технического университета (БНТУ) в 2008 году открыта новая специальность 1-43 01 08 «Паротурбинные установки атомных электрических станций», выпуск специалистов по которой обеспечивает кафедра «Тепловые электрические станции» (ТЭС).

Строительство атомной электростанции является одним из стратегических направлений развития энергетики Беларуси, а подготовка собственных высококвалифицированных специалистов – одним из важнейших факторов реализации этого проекта.

Особенностью подготовки инженеров для энергетики, в особенности для работы на объектах атомной энергетики, является сочетание глубоких теоретических знаний и приобретенных практических навыков.

Строительство Белорусской АЭС потребует специалистов, способных обеспечить пуск и эксплуатацию энергоблоков с соблюдением требований ядерной и радиационной безопасности. При комплектовании штата АЭС необходим подготовленный оперативный персонал блочных щитов управления: ведущие инженеры по управлению реактором (ВИУР) и турбиной (ВИУТ).

Оперативный персонал в ходе своего обучения должен получить знания, достаточные для самостоятельной деятельности по управлению энергоблоком АЭС; развить навыки приема, оценки и переработки информации, принятия решений и их реализации, увязки сведений, получаемых от средств отображения информации, с ходом технологических процессов. Для будущих работников атомной электростанции важно понимать взаимосвязь меж-

ду состоянием технического оборудования и ходом технологического процесса, знать эталонные модели состояния объекта управления, цели и мотивы, которыми должен руководствоваться оператор в своей деятельности.

Поскольку трудовая деятельность кроме знаний требует умений и навыков, молодой специалист, попав на предприятие, проходит этап практической адаптации. И чем сложнее производственный процесс, тем более длительным будет этот период. Это требует пересмотра процесса подготовки и использования нового, системного подхода к обучению: структура подготовки специалистов для атомной энергетики в вузе должна согласовываться с требованиями подготовки оперативного персонала на АЭС.

В 2015 году в лаборатории была введена в учебный процесс специализированная учебно-исследовательская лаборатория «Турбинное отделение АЭС с ВВЭР-1000» создана в НИЯУ МИФИ и поставлена по заказу МАГАТЭ в Белорусский национальный технический университет.

Лаборатория «Турбинное отделение АЭС с ВВЭР-1000» обеспечивает практические занятия по спектру дисциплин специальностей, связанных с проектированием и эксплуатацией АЭС, управлением турбоагрегатом и его вспомогательными системами.

Целью обучения, реализуемого на базе лаборатории, являются:

- практическое освоение теоретических знаний по конструкции турбины и сопутствующему оборудованию, назначению и составу технологических систем турбогенератора и технологическим процессам в оборудовании, эксплуатационным режимам и принципам безопасной эксплуатации, назначению и структуре систем управления и защиты, принципам и алгоритмам управления турбогенератора;
- приобретение общих навыков по управления турбогенератором АЭС с реактором ВВЭР-1000 в режимах нормальной эксплуатации и режимах с нарушениями нормальной эксплуатации.



Рисунок 1 – Рабочая станция аналитического тренажера турбинного отделения

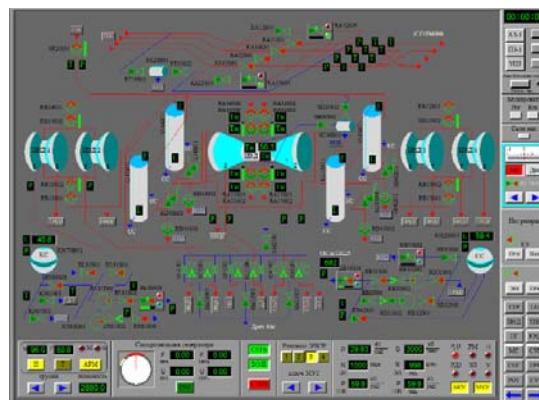


Рисунок 2 – Формат «Турбина» аналитического тренажера турбинного отделения

На рис. 1 и 2 представлены соответственно рабочая станция аналитического тренажера турбинного отделения и формат «Турбина», являющийся основным рабочим экраном тренажера.

В настоящее время тренажер «Турбинное отделение АЭС с ВВЭР-1000» реализует для студентов как режимы нормальной эксплуатации, так и аварийные режимы.

К режимам нормальной эксплуатации относятся такие режимы, как:

1. Пуск турбоагрегата
2. Останов турбоагрегата
3. Режимы нормальной эксплуатации
4. Режимы подачи питательной воды в парогенераторы:
 - включение в работу деаэрационной установки (заполнение и прогрев);
 - включение в работу тракта питательной воды (включение ВПЭН), ПВД, ввод в работу регуляторов уровня ПГ;
 - включение в работу турбопитательных насосов (ТПН);
5. Режим расхолаживания:
 - сброс пара из главного парового коллектора через БРУ-К (RC);
 - сброс пара из главного парового коллектора через БРУ-СН (RQ) в КСН (RQ), в ТК (RR).

К режимам работы с нарушением нормальных условий эксплуатации и аварии (срабатывание штатных аварийных защит турбоагрегата и оборудования) относятся такие режимы, как:

- увеличение осевого сдвига ротора;
- снижение давления масла в системе смазки;
- повышение давления пара на выходе из ЦВД;
- снижение давления пара в главном паровом коллекторе;
- повышение уровня в парогенераторе;
- отключение двух ТПН;
- отключение генератора от сети;
- отключение одного ТПН из двух работавших;
- отключение одного циркуляционного насоса из четырех в разных конденсатных группах;
- повышение скорости вращения ротора;
- снижение давления масла в системе автоматического регулирования;
- повышение уровня в ПВД до IV предела;
- повышение уровня в баках деаэратора.

В настоящее время тренажер эксплуатируется при проведении лабораторных работ по дисциплинам «АЭС», «Турбины АЭС», «Наладка и эксплуатация оборудования АЭС», «Вспомогательное оборудование АЭС», «Типовые элементы систем автоматического управления».

Важно отметить, что тренажер позволяет приобретать практические навыки не только студентам, но и преподавателям.

Также в рамках освоения и эксплуатации тренажера кафедра «Тепловые электрические станции» активно сотрудничает с разработчиками тре-

нажера – НИЯУ МИФИ, ведущими сотрудниками Южно-украинской АЭС, 3-й энергоблок которой является референтным для настоящего тренажера, а также Международным агентством по атомной энергии (МАГАТЭ), при активном содействии которого была осуществлена как поставка тренажера в БНТУ, так и его дальнейшее развитие как путем усовершенствования программного обеспечения, так и путем оказания поддержки в разработке учебно-методических материалов.

УДК 681.51. (075.8)

КОМБИНИРОВАННАЯ СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ УРОВНЕМ ВОДЫ В БАРАБАНЕ ПАРОГЕНЕРАТОРА ЭНЕРГОБЛОКА АЭС

Г.Т. Кулаков ¹⁾, А.Т. Кулаков ¹⁾, А.Н. Кухоренко ²⁾

¹⁾ Белорусский национальный технический университет

²⁾ Научно-исследовательский институт пожарной безопасности
и проблем чрезвычайных ситуаций МЧС Республики Беларусь

Для повышения качества поддержания уровня воды в барабане парогенератора ПГВ-1000 энергоблока АЭС с ВВЭР предложен оптимальный ПИ-регулятор с наблюдателем состояния, который позволяет уменьшить максимальную динамическую ошибку регулирования при 10% возмущении расходом пара на 9%, а также сократить время регулирования на 18,8% по сравнению с типовой трехимпульсной системой автоматического управления (САУ) [1].

Поставлена задача существенного улучшения качества регулирования уровня воды в барабане парогенератора ПГВ-1000. Для решения этой задачи разработана комбинированная САУ, структурная схема моделирования которой представлена на рис. 1.

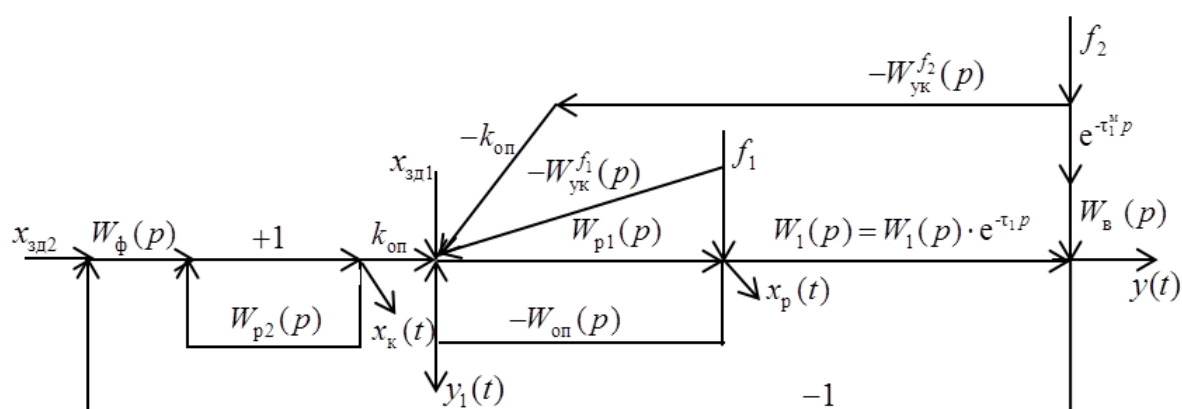


Рисунок 1 – Структурная схема комбинированной САУ уровнем воды в барабане ПГВ-1000 с оптимальным корректирующим регулятором

В данной САУ передаточная функция оптимального корректирующего регулятора определена по формуле [2]: