

РАЗРАБОТКА ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ ПО СПЕЦИАЛЬНОСТИ «ПРОМЫШЛЕННАЯ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА»

Ключевые слова: лабораторная установка, теплоэнергетическое оборудование, производство пара.

Представлены результаты разработки лабораторной установки для изучения процесса производства пара в промышленной теплоэнергетике. Решение основано на разработке технического, математического, информационного, программного и методического обеспечений лабораторного практикума. По результатам исследования в учебный процесс внедрен комплекс лабораторных исследований, предназначенный для студентов специальности «Промышленная теплоэнергетика».

Keywords: laboratory plant, heat power equipment, production of steam.

Presents the results of development of the laboratory setup for studying the process of production of steam in industrial heat and power engineering. The solution is based on the development of technical, mathematical, information, program and methodical collateral laboratory course. The survey results in the learning process implemented a set of laboratory researches intended for students of a speciality «Industrial power engineering».

Введение

Энергообеспечение предприятий предусматривает совокупность средств и методов, предназначенных для разработки и применения установок и систем производящих, трансформирующих, распределяющих и потребляющих тепловую, электрическую и иные виды энергии, обеспечивающие функционирование промышленных предприятий [1].

Энергетическое хозяйство современного промышленного предприятия включает в себя значительное количество энергосилового и тепломеханического оборудования. Котельные установки обеспечивают паром и горячей водой технологические потребности промышленных предприятий и систем отопления, для чего используются разнообразные теплообменные аппараты и устройства, а также для выработки электрической энергии с использованием парогенераторов.

Будущий специалист в области энергообеспечения должен знать теоретические основы процесса генерирования электрической энергии на тепловых электрических станциях, а также четко представлять работу паровых турбин. Основы базовых знаний и умений любого профессионала закладываются при изучении специальных дисциплин в вузе. Если с первой задачей – задачей овладения знаниями, как правило, студенты на профилирующих кафедрах легко справляются, то со второй задачей – задачей получения практических представлений и практических навыков работы со специализированным оборудованием возникают объективные трудности. Решить эту проблему призван лабораторный практикум по дисциплине. Для построения эффективного лабораторного курса требуется оснастить лаборатории современными стендами и экспериментальными установками.

В настоящее время существует два подхода к решению задачи оснащения специализированных лабораторий: приобретение учебного оборудования промышленного производства и разработка

лабораторных макетов, стендов и экспериментальных производств собственными силами [2]. Это в полной мере касается и теплоэнергетического оборудования. Однако, применительно к этому классу лабораторных установок существует ряд специфических требований. Во-первых, подобное оборудование требует больших площадей. Во-вторых, стоимость таких промышленных образцов достаточно высока, что усложняет их приобретение. И, в-третьих, установка парогенераторов требует специальных разрешений и соблюдения жестких требований правил эксплуатации.

В настоящей статье приводятся результаты работы по разработке и внедрению в учебный процесс лабораторной установки для производства водяного пара, используемого в различном лабораторном оборудовании, включая турбины для производства электроэнергии. Особенность решения этой задачи состоит в том, что в рамках проведенного исследования было разработано техническое обеспечение в форме лабораторного стенда, математическое обеспечение и его решение, а также информационное, программное и методическое обеспечения всего лабораторного комплекса [3].

Экспериментальная часть

Техническую основу лабораторной установки составляет электрический парогенератор, принципиальная схема которого показана на рис. 1.

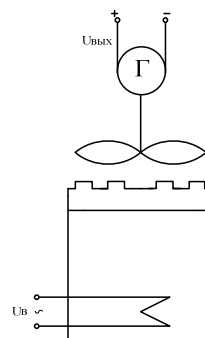


Рис. 1 – Принципиальная схема установки

Основу установки составляет теплоизолированная емкость, выполненная из коррозионностойкой стали повышенной прочности. В качестве нагревательного элемента парогенератора используется электронагреватель достаточной мощности. Пар образуется в результате кипения воды, скапливается над ее поверхностью, поднимается в верхнюю часть парогенератора и через специальную крышку с отверстиями под давлением подается на лопатки паровой турбины. Рабочее колесо турбины установлено на валу с ротором генератора электрического тока, который вырабатывает напряжение переменного тока и затем преобразует в постоянный ток.

Емкость с водой и образующимся паром испытывает существенное внутреннее давление, а также подвергается тепловому воздействию. Безопасная эксплуатация подобного оборудования требует проведения грамотных расчетов, а также постоянного текущего контроля основных параметров процесса.

Сопротивление тепловым и механическим воздействиям рассчитывается в соответствии с моделью безмоментной теории тонкостенных осесимметричных оболочек вращения, а также тепловой ползучестью материалов.

Механические напряжения в стенках емкости – окружные и меридиональные определяются на основе решения уравнения Лапласа по известным значениям окружного и меридионального радиусов кривизны емкости, а также внутреннего давления и толщины стенки:

$$\frac{\sigma_t}{\rho_t} + \frac{\sigma_m}{\rho_m} = \frac{p}{h} \quad (1)$$

где σ_t и σ_m – соответственно, окружные и меридиональные напряжения; ρ_t и ρ_m – окружной и меридиональный радиусы кривизны оболочки; p – давление; h – толщина стенки оболочки.

Для постоянного текущего контроля основных параметров процесса используется электронное оборудование, сопряженное с вычислительным комплексом на базе персонального компьютера (рис. 2). В качестве датчиков температуры и механических напряжений задействованы термометры сопротивления и тензорезисторы, включенные по мостовой схеме [4]. Сигнал разбаланса с датчиков передается на усилитель постоянного тока УПТ и далее, на аналого-цифровой преобразователь АЦП тензостанции ИДЭ-2. Выход прибора согласован с последовательным портом персонального компьютера ПК в соответствии с интерфейсом RS-232.



Рис. 2 - Электрическая схема подключения сопротивлений к генератору

Обработку входящих данных выполняет программа ТензоМер-2. Разработка программы была выполнена на основе моделирования [5]. Результаты расчетов выводятся на экраны термометр и манометр. Установка позволяет обрабатывать сигналы с восьми датчиков одновременно.

В отсутствие сигнала (режим «модель») программа может быть переведена в режим имитационного моделирования. В этом режиме моделируются различные режимы работы парогенератора, которые в силу ряда причин недоступны для физической модели. Модель программным способом задает инерционность показаний датчиков, а также генерирует нормально распределенные ошибки измерений в соответствии с классом точности прибора. Этот режим работы предназначен для выполнения самостоятельных исследований студентами в рамках СРС [6]. Информационное обеспечение компьютерной модели основано на использовании базы данных физико-химических свойств ряда жидкостей и физико-механических свойств конструкционных материалов. Кроме того, в режиме моделирования программа дополняет свой экраный щит приборов вольтметром и амперметром, которые измеряют электрическое напряжение и силу тока в цепи электронагревателя.

Для эффективной работы студентов с лабораторным оборудованием, авторами статьи было разработано методическое обеспечение лабораторного практикума. В качестве примера можно привести один из вариантов выполнения работы.

Во время выполнения работы измеряется сила и напряжение тока в цепи электронагревателя, вычисляется его мощность N_1 . Постепенно вода доводится до кипения, аккуратно стабилизируется давление в парогенераторе и, таким образом, достигается установившийся режим работы электрогенератора. Затем в цепи генератора последовательно включаются несколько резисторов, и для каждого случая записываются значения силы тока I_2 и напряжения U_2 . Мощность генератора постоянного тока определяется по формуле:

$$N_2 = I_2 \cdot U_2 \quad (2)$$

КПД парогенератора определяется по формуле:

$$\eta = N_2 / N_1 \quad (3)$$

В рассмотренном варианте работы задача студентов заключается в определении КПД парогенератора и грамотное объяснение причин возникновения потерь. Добавляя или изменяя исходные данные и измеряемые величины, можно получать другие варианты выполнения лабораторной работы по усмотрению преподавателя.

Заключение

Таким образом, в рамках проведенного исследования авторам статьи удалось решить ряд задач учебного, методического и научно-практического характера.

Наиболее трудоемкой и материалоемкой

частью работы стали проектирование и разработка технического обеспечения лабораторного комплекса для проведения студентами лабораторных и исследовательских работ в области промышленной теплоэнергетики. Рассчитан и сконструирован высокоэффективный парогенератор, паровая турбина и электрический генератор для выработки постоянного тока.

Разработана электронная система контроля основных параметров процесса производства водяного пара на основе цифрового измерительного комплекса и персонального компьютера.

Создана компьютерная имитационная модель для изучения специфических режимов работы оборудования промышленной теплоэнергетики в рамках выполнения студентами лабораторных и исследовательских работ по темам НИРС.

Разработано информационное обеспечение лабораторного комплекса и компьютерной модели в форме компьютерной базы данных, основанной на использовании реляционной модели данных.

Разработано и готовится к изданию в форме учебного пособия методическое обеспечение для выполнения ряда лабораторных работ по дисциплине «Промышленная теплоэнергетика», а также проведения научных работ в рамках НИРС.

Выполнено полноценное тестирование и

апробация лабораторного комплекса, в том числе и в ходе выполнения пробных лабораторных занятий и исследований в рамках НИРС.

Таким образом, в результате решения поставленных задач основная цель работы – разработка лабораторной установки для студентов специальности «Промышленная теплоэнергетика» в полной мере достигнута.

Литература

1. Калимуллин И.Р., Гумерова Г.Х., Николаев А.Н. *Вестник Казанского технологического университета*, 2, 142 - 143 (2013).
2. Нургалиев Р.К., Кузьмин В.В., Куликов Ю.А., Чупаев А.В., Галямов Р.Р., Гайнуллина А.А. *Вестник Казанского технологического университета*, 1, 74 - 75 (2013).
3. Ганжа В.А., Малышева Н.Н., Ковалевич П.В., Петров О.Н. *Вестник Казанского технологического университета*, 1, 232 - 233 (2013).
4. Таймаров М.А., Жбанов А.А. *Вестник Казанского технологического университета*, 16, 60 - 61 (2012).
5. Якимов И.М., Бедретдинов Р.З. *Вестник Казанского технологического университета*, 18, 261 - 262 (2012).
6. Сагадеев В.В., Эвранова С.Р., Васильева Л.М. *Вестник Казанского технологического университета*, 17, 320 - 321 (2012).