частота вращения передается по цифровым каналам связи в диагностический комплекс для расчета характеристических частот.

На практике встречаются случаи, когда необходимо приводить в движение некий агрегат, работающий в условиях агрессивной окружающей среды. Например, в станциях испытания дизелей локомотивов используются нагрузочные реостаты, выполненные из блоков свернутой фехралевой ленты. Для отвода выделяемого от них тепла применяются центробежные вентиляторы с асинхронными двигателями. Крайне важно контролировать работу приводящего двигателя, так как остановка его в процессе работы может привести к пожару. Применение датчиков оборотов и других контролирующих устройств типа датчиков потока зачастую невозможна, т.к. температура окружающего воздуха за диффузором вентилятора может достигать 200–300 градусов Цельсия. Решением проблемы может стать контроль частоты вращения с помощью бездатчиковых методов. Однако методы, основанные на математической модели двигателя, могут дать существенную погрешность оценки, вызванную неравномерным прогревом обмоток и колебанием температуры корпуса во время испытаний дизеля. Поэтому лучшим решением становится использование сигнатурного способа контроля частоты вращения асинхронного двигателя, основанного на поиске пазовых гармоник спектра тока статора.

Таким образом, можно сделать следующие выводы:

1) системы бездатчикового определения частоты вращения ротора асинхронного двигателя сохраняют свою актуальность в настоящее время;

2) такие системы имеют широкую область применения в промышленности и востребованы там, где доступ к двигателю осложнен либо невозможна установка датчика оборотов;

3) наиболее перспективными можно считать методы, основанные на конструктивных особенностях двигателя, так как они, в отличие от методов, основанных на математической модели двигателя, могут давать более точную оценку скорости и не зависят от внешних воздействий и дефектов двигателя.

Литература

1. Вейнмейстер, А.В. Косвенное измерение скорости вращения в электроприводе с асинхронным двигателем на основе идентификатора состояния: дис. … канд. техн. наук. – СПб., 2013. – 110 с.

2. Schroeder D. Elektrische Antriebe – Regelung von Antriebssystemen. – Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 2009. – 1358 p.

3. Дартау В.А. Теоретические основы построения частотных электроприводов с векторным управлением / В.А. Дартау, В.В. Рудаков, А.Е. Козярук и др. – М.: Энергия, 1980. – 408 с.

4. Скляр А.В. Сравнительный анализ методов оценки скорости вращения ротора асинхронного двигателя по спектру потребляемого тока / А.В. Скляр, С.Н. Чижма // Известия Транссиба / Омский гос. ун-т путей сообщения. – Омск, 2016. – №1(25). – С. 81–91.

5. Геллер Б., Гамата В. Высшие гармоники в асинхронных машинах / пер. с англ.; под ред. З.Г. Каганова. – М.: Энергия, 1981. – 352 с.

6. Скляр А.В. Модель пазовых гармоник тока статора как амплитудно-модулированное колебание // Динамика систем, механизмов и машин. – 2016. – № 1, т. 3. – С. 159–163.

7. Пат. 2339049 РФ, МПК G01R 31/34. Способ диагностики электродвигателя переменного тока и связанных с ним механических устройств / В. С. Петухов (РФ). – № 2008148774/28; заявл. 02.03.07; опубл. 20.11.08, Бюл. №32. – 19 с.

УДК 519.683.8, 004.4’236

С.К. Важенин, Т.В. Ганджа

Компьютерная модель системы управления теплоэнергетическими режимами в камере обжига керамических изделий на базе контроллера X-Robot

Рассматривается многоуровневая компьютерная модель системы управления теплоэнергетическими процессами, протекающими в системах осушки и обжига керамических изделий.

Ключевые слова: система управления; химико-технологическая подсистема, контролер, компьютерная модель, теплоэнергетическая подсистема, метод компонентных цепей.

При управлении процессами осушки и обжига керамических изделий актуальным вопросом является установка и поддержание заданного климатического режима, характеризующегося определенным значением температуры. Для реализации системы поддержания заданных температур была реализована модель системы управления теплоэнергетическими процессами [4].

Данная система включает в себя компьютерную модель управляемого объекта, используемую для определения адекватных и оптимальных управляющих воздействий.

Актуальной является проблема совмещения реальной модели сушильной камеры, которая в научных экспериментах играет роль реального объекта, и её компьютерной модели. Основной задачей модели

является отладка системы управления сушильной камеры на компьютерной модели, используя полученные характеристики от объекта управления. Сложность вызывает использование компьютерных моделей в процессе управления реальным объектом и применение найденных с её помощью управляющих воздействий к реальному объекту.

Универсальный измерительно-управляющий контроллер X-Robot

Для решения данных проблем в работе предлагается использовать графический язык формирования сценариев управляющих контроллеров X-Robot (рис. 1), а также встроенный в среду многоуровневого компьютерного моделирования MAPC модуль графического моделирования сценариев [1].

Данный модуль имеет возможность подключения к контроллеру исполнительных механизмов, управляемых ШИМ-сигналами контроллера, и измерительных устройств, обеспечивающих измерения аналоговых и дискретных сигналов.

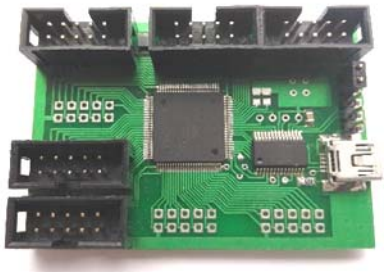

Рис. 1. Микроконтроллер X-Robot

Микроконтроллер X-Robot позволяет разрабатывать сценарии в компонентной форме и осуществлять их предварительную отладку на компьютерных моделях объектов управления, варьируя различные её параметры, управляющие и возмущающие воздействия, а также при этом измеряя и передавая на средства визуализации наблюдаемые характеристики модели объекта управления (рис. 2).

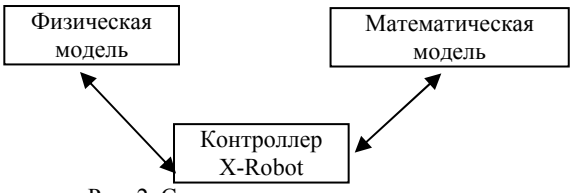

Рис. 2. Структура системы управления

Многоуровневая структура компьютерной модели в модуле моделирования сценариев

Модуль моделирования сценариев в формате языка X-Robot реализован в рамках среды многоуровневого компьютерного моделирования MAPC [5] (рис. 3). Его основными задачами являются:

– моделирование и анализ поведения объекта управления при формировании и выполнении различных команд управления;

– формирование сценариев функционирования управляющих контроллеров и отладка их параллельных потоков на компьютерной модели системы управления теплоэнергетическими процессами;

– интерпретация сформированного графического сценария в контроллер для целей его программирования;

– отладка поведения модели управления теплоэнергетическими процессами с использованием виртуальных приборов.

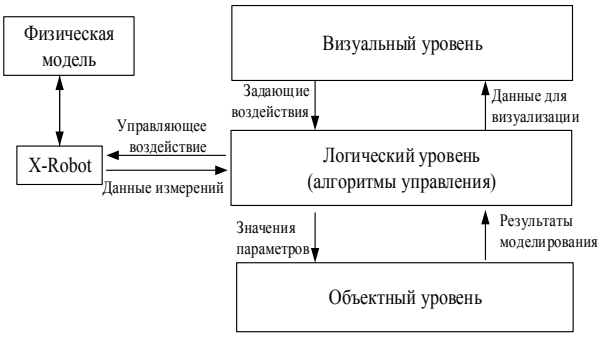

Рис. 3. Структура компьютерной модели в модуле моделирования сценариев

Компьютерная модель системы управления теплоэнергетическими режимами в камере обжига керамического кирпича, предназначенная для формирования и отладки сценариев управления, представлена многоуровневой компьютерной моделью [3], на трех уровнях которой располагаются взаимосвязанные модели:

– на объектном уровне расположена компьютерная модель объекта управления теплоэнергетическими процессами [6] с подключенными к ней моделями измерительных и исполнительных устройств;

– на логическом уровне формируется функциональная модель устройства управления в виде параллельных потоков сценария, взаимосвязанного с моделью объекта управления;

– на визуальном уровне располагаются средства визуализации результатов моделирования и работы сценария управления, а также средства интерактивного управления задающими воздействиями.

Формирование сценария управления, лежащего в основе функционирования устройства управления теплоэнергетическими процессами, осуществляется в графическом виде на логическом уровне многоуровневой компьютерной модели в виде компонентов, взаимосвязанных информационными и управляющими связями (рис. 4).

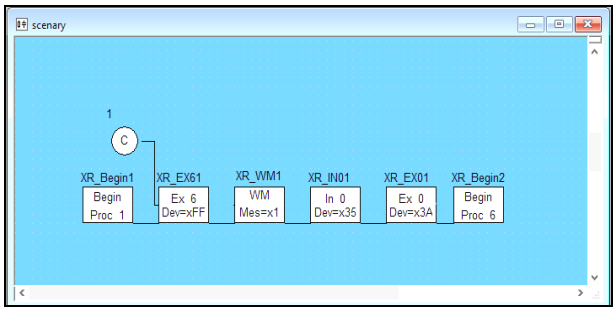

Рис. 4. Логический уровень модели

На рис. 4 введены обозначения: Ex6 – настройка конфигурации контроллера для измерительных ка-

налов; WM – ожидание события в начале измерения; In0 – считывание измеряемого значения с датчика контроллера; Ex0 – передача измеренного значения в компьютер. По информационным связям осуществляется передача значений переменных во время работы графического сценария, а по управляющим пересылаются сообщения об очередности выполнения той или иной команды моделируемого потока сценария [2].

Физическая модель камеры обжига керамических изделий

В качестве сушильной камеры использовалась примитивная физическая модель камеры. Для построения и отладки моделей осушки достаточно использовать невысокие температуры, в пределах 80–100 °С. В связи с этим для построения основного каркаса была использована многослойная фанера толщиной 6 мм. Каркас модели сушильной камеры представляет собой прямоугольный короб размерами 400×400×250 мм (рис. 5). Стены внутри модели сушильной камеры оклеены фольгированным вспененным полиэтиленом для сохранения тепла и герметизации. На дне имеется стальной отражатель тепла. В качестве источника тепла используется лампа накаливания мощностью 95 Вт. Данной мощности вполне хватает для нагрева воздуха в камере до 80–100 ° С.

Компонентный состав модели сушильной камеры (рис. 6):

1. Каркас из многослойной фанеры.
2. Лампа накаливания как источник тепла.
3. Светоотражающая пластина.
4. Воздуховод с шиберной задвижкой и вентилятором, подающий холодный поток воздуха.
5. Воздуховод с шиберной задвижкой, отводящий поток воздуха из модели сушильной камеры.
6. Полка под высушиваемый материал.

Поддерживаться нужная температура будет благодаря постоянно работающей лампе и вентиляционной вытяжке с шиберной задвижкой и вентилятором охлаждения.

Рис. 5. Модель сушильной камеры

Рис. 6. Модель сушильной камеры, внутренний вид

Заключение

Используя графический язык формирования сценариев управляющих контроллеров X-Robot и модель объекта управления открывается возможность управлять значениями параметров компонентов, удовлетворяющих соответствующим критериям качества управления. Данная возможность позволит улучшить качество осушки керамических изделий.

Литература

1. Мальцев Ю.И. Язык управления механизмами X-Robot // Электронные средства и системы управления. – Томск: Том. гос. ун-т систем управления и радиоэлектроники, 2013. – № 2. – С. 114–118.

2. СВИП – система виртуальных инструментов и приборов / В.М. Дмитриев, Т.В. Ганджа, В.В. Ганджа, Ю.И. Мальцев. – Томск: В-Спектр, 2014. – 216 с.

3. Дмитриев В.М. Принцип формирования многоуровневых компьютерных моделей SCADA-систем для управления сложными технологическими объектами / В.М. Дмитриев, Т.В. Ганджа // Информатика и системы управления. – 2013. – № 2 (36). – С. 24–35.

4. Важенин С.К., Ганджа Т.В. Компьютерное моделирование системы управления теплоэнергетическими процессами // Электронные средства и системы управления: матер. докл. XII Междунар. науч.-практ. конф. (16–18 ноября 2016 г.): в 2 ч. – Ч. 2. – Томск: В-Спектр, 2016. – С. 25–29.

5. МАРС – среда моделирования технических устройств и систем / В.М. Дмитриев, А.В. Шутенков, Т.Н. Зайченко, Т.В. Ганджа. – Томск: В-Спектр, 2011. – 278 с.

6. Дмитриев В.М., Ганджа Т.В, Важенин С.К. Моделирование теплоэнергетических систем для построения многоуровневых компьютерных моделей управления теплообменными процессами // Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири (СИБРЕСУРС-19–2013): докл. (матер.) 19-й Междунар. науч.-практ. конф., г. Новокузнецк, 6–8 нояб. 2013 г. / отв. ред. Л.С. Петрова, В.Н. Масленников. – Томск: САШ ВН, В-Спектр, 2013. – С. 91–95.