

Выводы и предложения. Контроль энергозатрат в период реализации технологий замеса, управление качеством и структурой теста и организация процессов перемешивания и сопутствующих процессов перемешиваемого рецептурного сырья приводят к созданию нового ассортимента хлебопекарной, макаронной и кондитерской продукции. В дальнейшем эта методология способствует расширению технических возможностей тестомесильных машин и агрегатов.

Перспективы исследований. Конкурентоспособность любой теории приготовления теста характеризуют следующие основные факторы: себестоимость, качество и энергозатраты. В связи с этим возникает проблема определения эффективной методологии по характеру, методу, анализу, корректировке, уточнению и моделированию технологий замеса и нахождении достаточных качественных и структурных показателей теста.

Л и т е р а т у р а

1. Янаков, В. П. Процессы и оборудование пищевых, микробиологических и фармацевтических производств : автор. тез. / В. П. Янаков. – Обоснование параметров и режимов работы тестомесильной машины периодического действия : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.18.12. – Донецк, 2011. – 20 с.
2. Янаков, В. П. Оборудование и технологии пищевых производств. Совершенствование теории приготовления теста при изложении специализированных дисциплин / В. П. Янаков, А. В. Возняк, О. Ланже. – 2019. – № 2 (39). – С. 85–94.

УДК 621.3

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РАЗНОСТНЫХ УРАВНЕНИЙ ДЛЯ РАБОТЫ С СИСТЕМАМИ УПРАВЛЕНИЯ СИЛОВЫМ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕМ НА ОСНОВЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ

А. С. Третьяков, О. А. Капитонов

*Межгосударственное образовательное учреждение высшего
образования «Белорусско-Российский университет»,
г. Могилев, Республика Беларусь*

Очень часто при решении практических задач по созданию цифровых систем управления приходится разрабатывать математический аппарат, решающий поставленные перед ним задачи. В общем виде эта задача сводится к разработке систем дифференциальных уравнений, решение которых в реальном времени приводит к получению необходимых управляющих воздействий, формированию необходимых сигналов для цифровой системы управления и т. д. В качестве примера можно привести:

1. Наблюдатель состояния координаты электропривода.
2. Наблюдатель состояний активных сопротивлений статора и ротора асинхронного электродвигателя.
3. Идентификатор параметров Т- или Г-образной схемы замещения асинхронного электродвигателя для реализации законов частотного управления и т. д.

В качестве математического аппарата здесь выступают системы дифференциальных уравнений, которые вместе с их решателем закладываются в виде прошивки в микроконтроллеры. Однако проблема в том, что часто из-за ограниченности ресурсов таких аппаратов нельзя полностью реализовать все необходимые функции, поскольку большую часть ресурсов может занимать решение самих дифференциальных уравнений.

В настоящее время в западной научной литературе получила распространение теория разностных уравнений, дающая выигрыш в использовании ресурсов микроконтроллеров и сокращении времени расчетов и обработки данных.

Суть данной теории состоит в том, что, заменяя систему дифференциальных уравнений на разностные уравнения, получаем систему линейных уравнений, которые решаются на каждом шаге расчета.

Методика получения разностных уравнений состоит в следующем:

1. Составляется система дифференциальных уравнений, описывающая решаемую задачу.

2. Формируется и отлаживается математическая модель, которая достаточно точно отображает искомые результаты.

3. Полученная (или скорректированная) система дифференциальных уравнений из пространства Лапласа переводится в пространство z -состояний;

4. Проверяется работоспособность цифровой модели на достоверность полученных данных.

5. Все уравнения даны в стандартной форме: раскрываются скобки и приводятся подобные члены.

6. Проводим деление обеих частей всех полученных уравнений на величину z . После проверяем и корректируем: те переменные, которые ее не имеют, являются переменными на текущем шаге расчета (например, $y[i]$), те переменными, которые содержат z^{-1} , – переменными на предыдущем шаге расчета (например, $y[i - 1]$).

7. Поскольку имеем по сути систему линейных уравнений, то последним шагом становится ее решение методом Гаусса (или любым другим) для получения развязанных от остальных переменных решений для каждой переменной. Для этого очень удобно использовать программы символьных вычислений (Maple, Maxima и т. д.).

Рассмотрим пример идентификации параметров схемы замещения Т-образной схемы замещения на основе методики, предложенной украинским ученым Д. Л. Приступой. Система дифференциальных уравнений, а также условия, описывающие процесс идентификации, приведены в [1]. На рис. 1 представлена имитационная модель идентификации параметров, созданная в математическом пакете MATLAB.

В качестве входных воздействий здесь используются:

1. Специально сформированные массивы токов и напряжений (полученные расчетным или экспериментальным путем и преобразованные по уравнениям Кларка–Парка «из 3 в 2», учитывая, что в основе всей методики лежит двухфазная математическая модель асинхронного электродвигателя).

2. Паспортные данные двигателя.

3. Поправочные коэффициенты (коэффициенты, определяющие динамику переходных процессов идентификации параметров и зависящие от условий эксперимента и параметров испытуемого асинхронного электродвигателя).

Выходными данными являются:

- 1) активное сопротивление фазы статора;
- 2) активное сопротивление фазы ротора;
- 3) индуктивность фазы статора;
- 4) индуктивность фазы ротора;
- 5) индуктивность взаимной индукции.

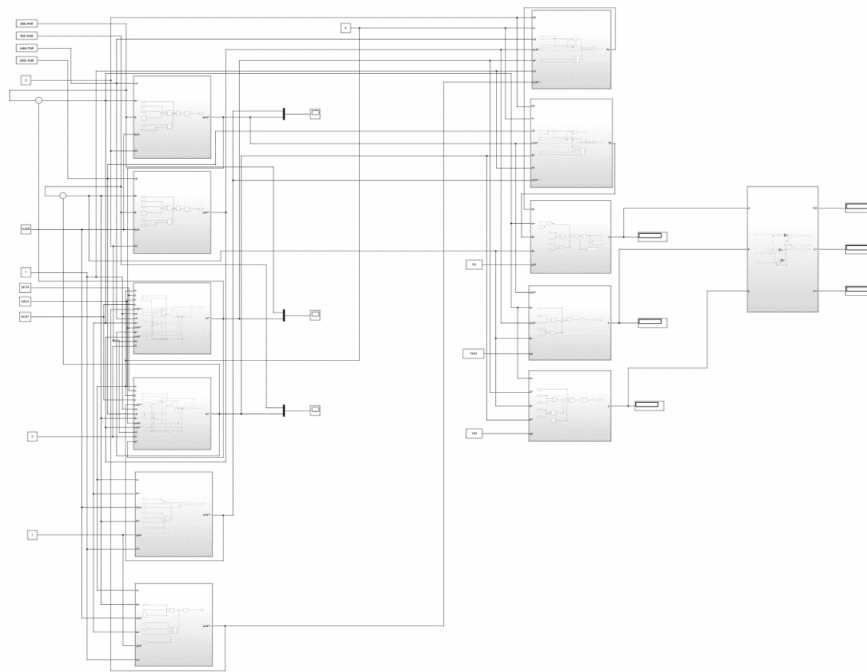


Рис. 1. Имитационная модель идентификации параметров Т-образной схемы замещения асинхронного электродвигателя

При переходе из пространства Лапласа в пространство z -состояний особое внимание необходимо уделить интегратору. В зависимости от типа решаемой задачи необходимо выбирать тот или иной вариант. Самый точный – цифровой интегратор на основе трапецеидального метода расчета. Он был использован при решении данной задачи.

Дальше убедившись, что математическая модель работает корректно, проводим раскрытие скобок и приведение подобных членов. После делим обе части полученных уравнений на величину z . Те переменные, которые ее не имеют, являются переменными на текущем шаге расчета (например, $y[i]$). Те переменные, которые содержат z^{-1} , – это переменные на предыдущем шаге расчета (например, $y[i-1]$).

После всех преобразований получаем систему линейных уравнений первого порядка. Последним этапом является ее решение для получения развязанных от остальных переменных решений для каждой переменной. Самый простой и действенный метод для решения данной задачи – метод Гаусса.

В итоге получаем систему линейных функций, описывающих процесс идентификации параметров Т-образной схемы замещения. Для начала расчета остается только проинициализировать начальные значения всех основных переменных, входящих в состав разностных уравнений, и определить закон изменения переменной, отвечающей за сам процесс расчета (на основе примеров выше – переменная i). Величина этой переменной определяется типом решаемой задачи.

На рис. 2 представлен скриншот программного обеспечения, написанного на кроссплатформенном фреймворке QT5, в котором реализована идентификация параметров Т-образной схемы замещения асинхронного электродвигателя на основе полученных разностных уравнений.

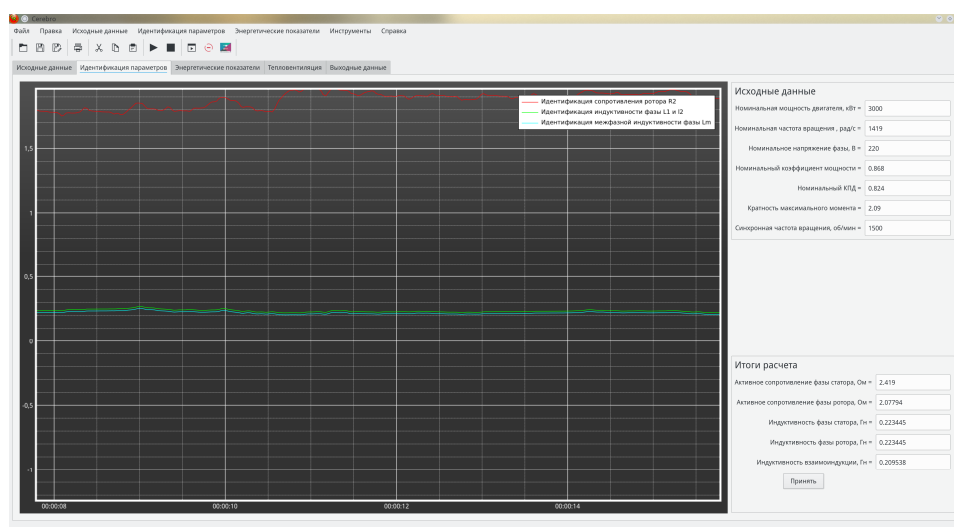


Рис. 2. Скриншот программного обеспечения для расчета параметров Т-образной схемы замещения асинхронного электродвигателя

Все расчеты проводились для двигателя АИР100S4У3. При моделировании в программе Matlab, Maxima и программном обеспечении (рис. 2) были получены следующие результаты:

1. Активное сопротивление фазы статора – 2,419 Ом.
2. Активное сопротивление фазы ротора – 2,078 Ом.
3. Индуктивность фазы статора – 0,223 Гн.
4. Индуктивность фазы ротора – 0,223 Гн.
5. Индуктивность взаимной индукции – 0,209 Гн.

Полученные результаты говорят о правильности самой методики. Более того, эффективность данной методики состоит в том, что, используя такую систему, можно значительно сократить время расчетов, что и было продемонстрировано.

Литература

- 1 Пересада, С. М. Алгоритм идентификации электрических параметров асинхронного двигателя на основе адаптивного наблюдателя полного порядка: синтез и экспериментальное тестирование / С. М. Пересада, С. Н. Ковбаса, Д. Л. Приступа // Праці Інституту електродинаміки Національної академії наук України. – 2013. – № 34. – С. 27–34.

УДК 004.89

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА РАСПОЗНАВАНИЯ И ОЦЕНКИ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПОЛИМЕРНЫХ ВОЛОКОН

Н. С. Богданова, Я. М. Олизарович

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Актуальность темы заключается в практической необходимости интеллектуального программного обеспечения, способного на локализацию полимерных волокон на изображении, полученном с помощью электронного микроскопа, в ходе которого возникает необходимость вычисления геометрических параметров локализованного волокна.