при сохранении одной и той же скорости движения (увеличивается провозная способность поездов), или вести грузовые поезда неизменной массы с большей скоростью при сохранении одной и той же силы тяги (увеличивается пропускная способность поездов).

Таким образом, при прочих равных условиях предлагаемые новые технические решения в области силовых транзисторных преобразователей являются значительным научным и практическим достижением в области грузовых электровозов переменного тока с коллекторным приводом, способными работать с высокими энергетическими показателями, как в режиме тяги, так и в режиме рекуперативного торможения.

АЛГОРИТМЫ УПРАВЛЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫМ КОМПЛЕКСОМ ДОЗИРОВАНИЯ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ В ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА КОМБИКОРМОВ

С.В. Ляпушкин
Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
Россия, Томск

Обеспечение продовольственного рынка Российской федерации качественными пищевыми продуктами является одной из приоритетных задач экономики. Качество продукции животноводческого комплекса, напрямую зависит от точного соблюдения рецептуры кормосмесей. Обеспечение соблюдения рецепта каждого компонента смеси является не простой инженерно-технической задачей.

Точность дозирования является функцией большого числа систематических и случайных факторов: величины, формы и взаимного расположения отдельных частиц материал; коэффициента сцепления их с друг другом и с конструктивными элементами дозатора; относительная влажность дозируемого материала и воздуха в помещении; высоты падения материала в приемную емкость; величины наклона дозатора к уровню горизонта; вибрационных и электромеханических помех и т.д.

В связи с этим, особую значимость приобретает задача повышения эффективности управления процессом высокоточного дозирования, так как ее решение позволит существенно снизить расход дефицитных и дорогостоящих компонентов смеси, повысит качество выпускаемой продукции. Наряду с правильной аппаратурной организацией процессами дозирования важную роль имеют алгоритмы управления электроприводом шнековых дозаторов.

Качественный состав каждой порции комбикорма для животных определяется технологами свиноводческого предприятия, и размещаются в базу данных программного обеспечения верхнего уровня.

Программное обеспечение управления автоматизированной системой дозирования сыпучих материалов разработано на языке СИ согласно алгоритму, представленному на рис. 1.

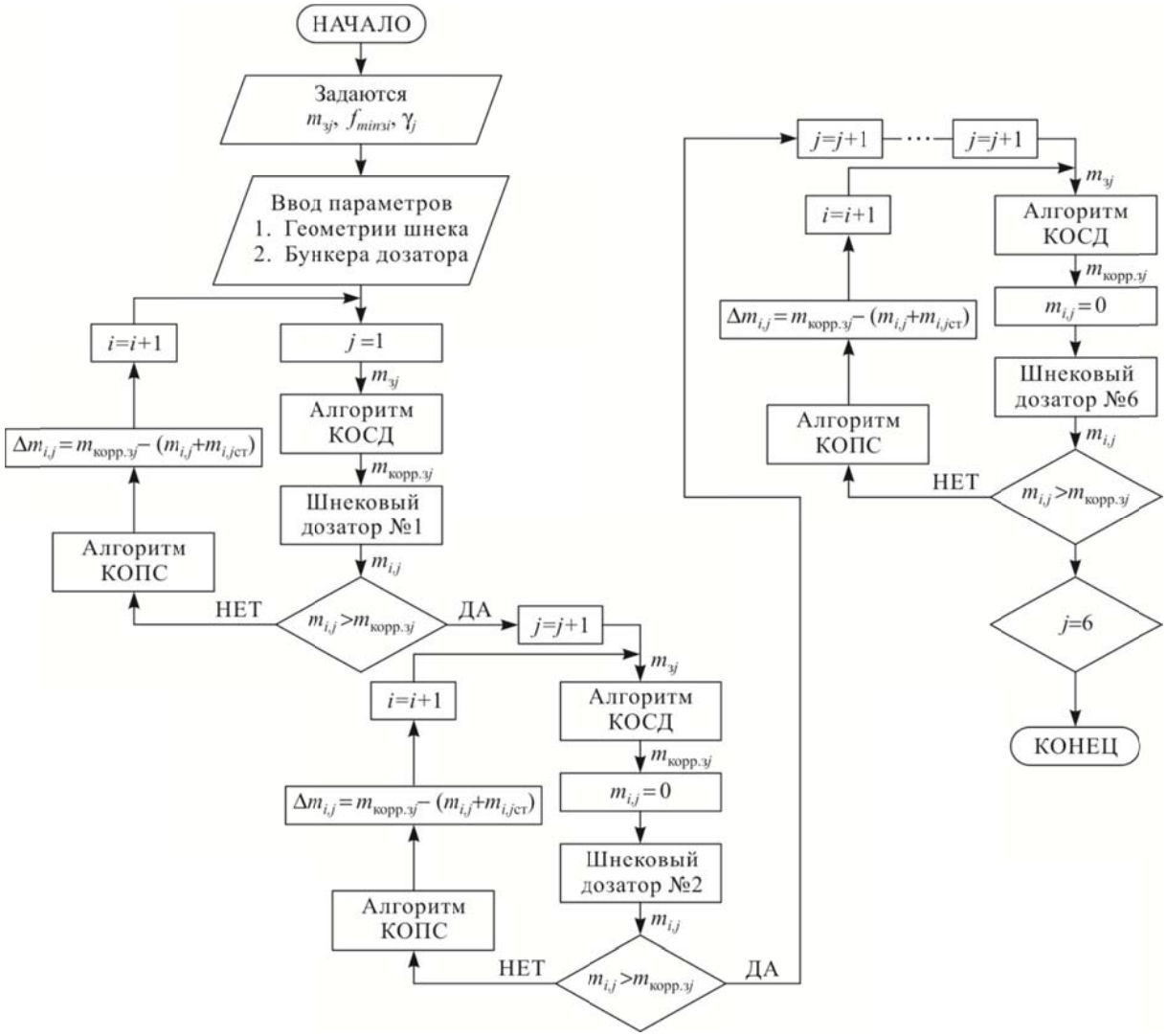

Рис. 1. Алгоритм управления частотно-регулируемого асинхронного электропривода производства комбикормов

Исходные данные поступают в алгоритм управления из специально созданной базы данных проекта[5]. База данных несет в себе функции: контроля расходуемых компонентов; хранения информации о технологических рецептах кормосмесей; параметров каждого шнекового дозатора с исполнительным асинхронным двигателем; геометрических параметров бункера дозатора; насыпного веса дозируемого материала.

Начало работы автоматизированной системы начинается с выбора соответствующего рецепта в SCADA системе на автоматизированном рабочем месте оператора (АРМ). Также определяется порядок дозирования компонентов внутри рецепта. Вместе с заданием на дозирование компонента конкретного рецепта комбикорма в алгоритм управления автоматически поступает заданное значение минимальной частоты переменного тока преобразователя

обеспечивающая наименьшую возможную частоту вращения шнекового дозатора. Также для работы алгоритма необходима информация из базы данных о насыпном весе дозируемого материала и геометрических параметров шнекового дозатора и приемного бункера дозатора.

Алгоритмическое обеспечение микроконтроллера управления с помощью блока релейной коммутации, обеспечивает аппаратную поочередно согласованную работу всех шнековых дозаторов, задвижек, смесителей и рыхлителей.

Свойства дозируемого материала являются нестационарными, и потому получить дозирование каждой порции компонента смеси с одинаковой точностью является проблематичным. Для обеспечения требуемой точности дозирования задание каждой порции материала нужно корректировать согласно алгоритму коррекции ошибки дозирования на основе статистических данных (АКОСД). Данный алгоритм использует для коррекции задания текущего цикла данные предыдущего цикла дозирования. Для обеспечения эффективной работы алгоритма АКОСД, в базе данных сохраняется статистика работы всех шнековых дозаторов системы.

Сигнал пропорциональный текущему весу материала поступает на вход программного регулятора веса, который большую часть находится в насыщении для получения максимальной производительности. При приближении веса к заданному значению регулятор веса выходит из насыщения, и конечная фаза дозирования проходит на пониженной скорости.

Непрерывно в процессе работы автоматической системы вычисляется величина массы материала находящегося в воздухе при падении в бункер дозатора с помощью алгоритма коррекции ошибки дозирования вызванной массой падающего столба (АКОПД). С учетом вычисленной величины массы падающего столба конечная ошибка корректируется по формуле:

$$\Delta m_{i,j} = m_{\text{коррз}j} - \left(m_{i,j} + m_{i,j\text{ст}} \right),$$

где i – переменная цикла реального времени, j – номер текущего цикла.

При $m_{i,j} > m_{\text{коррз}j}$ отключается шнековый дозатор первого цикла дозирования и программа микроконтроллера управления, с помощью блока релейной коммутации подключает следующий шнековый дозатор к общему преобразователю частоты.

Каждый цикл дозирования добавляет автоматически рассчитанный объем компонента смеси в общий бункер дозатора, подвешенного на трех тензодатчиках, рассчитанных на одну тонну смеси, но текущий вес каждого последующего цикла отсчитывается в реальном времени с нулевого значения.

Порция комбикорма состоит из 6 различных компонентов различного веса. Общая масса порции кормосмеси в бункере дозатора составляет 1000 кг и при j=6 происходит дозирование последнего компонента рецепта комбикорма, после чего работа системы прекращается.

Цикл приготовления комбикорма заканчивается автоматическим открытием задвижки дозатора и перемешиванием технологически обусловленное время электроприводами смесителя и рыхлителя.

Разработанные алгоритмы основаны на использовании статистических данных по каждому дозируемому компоненту отдельно. Проведем серию экспериментов на имитационной модели по дозированию компонентов комбикорма таких как: пшеница, ячмень, горох, отруби, подсолнечный шрот. Статистические данные состоят из 5 циклов дозирования каждого материала веса 1 килограмм. Результаты ошибки дозирования для каждого цикла приведены на рис. 2.

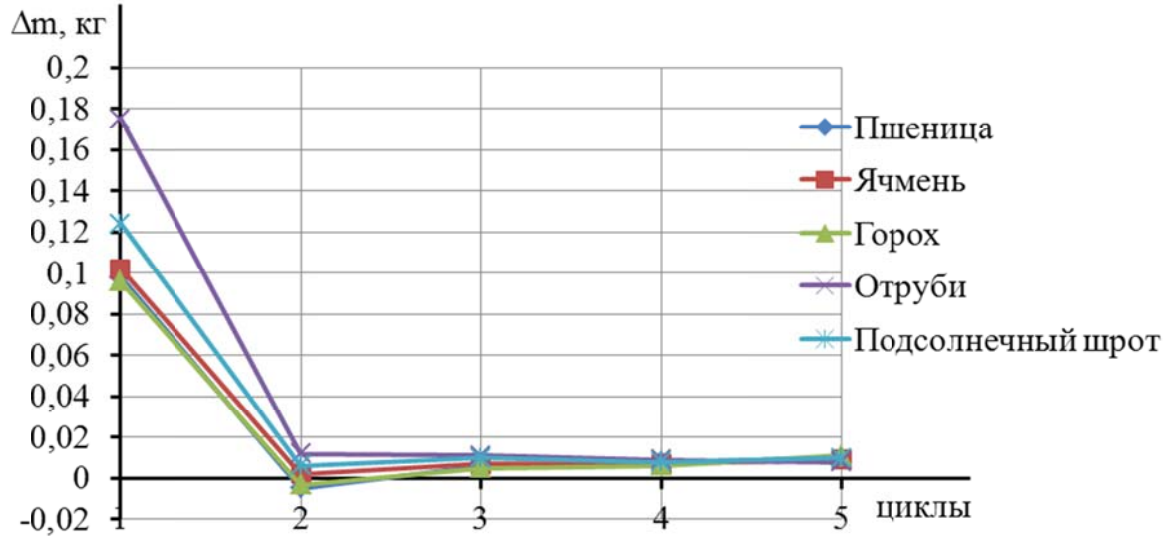

Рис. 2. Статистические данные дозирования компонентов комбикорма

Как видно из рис. 2 наибольшая коррекция ошибки достигается при первых циклах дозирования, а за тем алгоритм держит ошибку на минимальном уровне, тем самым обеспечивая качество комбикорма.

Совместное использование алгоритмов коррекции ошибки дозирования на основе статистических данных и компенсации ошибки, вызванной весом падающего столба, обеспечивает максимальную точность системы.

Применение разработанных алгоритмов позволяет получить итоговую ошибку дозирования менее 3%, что соответствует техническому регламенту приготовления кормосмесей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. А.В. Каталымов, В.А. Любартович Дозирование сыпучих и вязких материалов, Ленинград, ХИМИЯ, 1990.

2. А.М. Григорьев «Винтовые конвейеры», Изд. МАШИНОСТРОЕНИЕ, 1992.

3. С.Г. Герман-Галкин Компьютерное моделирование полу-проводниковых систем, Санкт-Петербург, 2001.

4. Соколовский Г.Г. Электроприводы переменного тока с частотным регулированием. – М.: Академия, 2006. – 266 с.

5. Букреев В.Г., Гусев Н.В., Нечаев М.А., Краснов И.Ю., Кремис С.Ю. АСУ ТП производства комбикормов на базе контроллера Fastwel RTU188-BS Журнал «Современные Технологии Автоматизации», изд. 2006., №1.